MARTIN REES

DESPRE VIITOR

Perspectivele umanității

POLIROM

„*Despre viitor* ne oferă previziuni despre apropiatele dezvoltări tehnologice și ne dă speranța că omenirea are capacitatea de a folosi știința pentru a vindeca o planetă deja rănită și a îmbunătăți viața pe ea... Această colecție de idei atotcuprinzătoare, dar ușor de înțeles ne transmite și ne face să luăm parte la perspectiva optimist-tehnologică a lui Rees privind viitorul omenirii."

Publishers Weekly

„Ca incursiune uimitoare printre progresele captivante ale științei și tehnologiei care lansează provocări neliniștitoare societății, *Despre viitor* este o lectură ideală pentru oricare cetățean al secolului douăzeci și unu."

Marcia K. McNutt, președinte al National Academy of Sciences

„O analiză captivantă a celor mai importante probleme cu care se confruntă azi omenirea, impregnată cu discernământ și inundată de speranță și de iubire de oameni."

Steven Pinker, autor al volumului *Enlightment Now*

„*Despre viitor* este o încântare intelectuală și o lectură obligatorie pentru orice locuitor de pe planeta Pământ – și chiar dincolo de ea, dacă extratereștrii există. Cu înțelepciune și originalitate, Martin Rees, cel mai reputat astronom în viață, abordează subiecte dintre cele mai importante – viitorul omenirii și progresul științific cu riscurile sale. Perspectiva sa profund personală e unică și provocatoare, iar numeroasele lui anecdote sunt încântătoare. Nu am putut să las cartea din mână."

Abraham Loeb, Harvard University

„Cartea lui Martin Rees e ca o busolă necesară care ne ajută să navigăm spre viitor, o fascinantă scrisoare de dragoste pentru cunoaștere și raționalitate, dar și o chemare la arme pentru aceia dintre noi care îndrăznesc să spere la tot binele din lume."

David Puttnam, producător de film și profesor

Martin Rees, *On the Future. Prospects for Humanity*
Copyright © 2018 by Princeton University Press
All rights reserved

© 2019 by Editura POLIROM, pentru ediția în limba română

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

Pe copertă: © sdecoret/Depositphotos.com

www.polirom.ro

Editura POLIROM
Iași, B-dul Carol I nr. 4; P.O. BOX 266, 700506
București, Splaiul Unirii nr. 6, bl. B3A, sc. 1, et. 1,
sector 4, 040031, O.P. 53

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României:

REES, MARTIN

Despre viitor: perspectivele umanității / Martin Rees; trad. de Ștefan Bolea. – Iași: Polirom, 2019

Conține bibliografie. – Index

ISBN 978-973-46-7951-5

I. Bolea, Ștefan (trad.)

5

Printed in ROMANIA

MARTIN REES

DESPRE VIITOR

Perspectivele umanității

Traducere de Ștefan Bolea

POLIROM
2019

Prefață

ACEASTA ESTE O CARTE DESPRE VIITOR. Scriu dintr-o perspectivă personală și din trei ipostaze: de om de știință, de cetățean și de membru îngrijorat al speciei umane. Tema unificatoare a cărții este aceea că prosperitatea populației mondiale în creștere depinde de înțelepciunea cu care sunt folosite știința și tehnologia.

Tinerii de azi pot spera să trăiască până la sfârșitul veacului. Așadar, cum se pot asigura că tehnologiile tot mai puternice – biologică, cibernetică și IA – pot deschide calea unui viitor benefic, fără obstacole amenințătoare, care s-ar putea dovedi catastrofale? Miza este mai mare ca oricând; ceea ce se va întâmpla în acest secol va avea ecou mii de ani. În tratarea unei teme atât de vaste, sunt conștient că până și experții au un palmares prost când vine vorba de previziuni. Dar n-am reținere, pentru că e imperios necesar să intensificăm discursul public și politic despre tendințele științifice și globale pe termen lung.

Temele acestei cărți au evoluat și s-au limpezit în urma unor prelegeri pentru audiențe felurite, inclusiv Prelegerile Reith de la BBC din 2010, publicate cu titlul *From Here to Infinity* (Martin Rees, *From Here to Infinity: Scientific Horizons*, Profile Books, Londra, 2011; W.W. Norton, New York, 2012). Le sunt așadar recunoscător ascultătorilor și cititorilor pentru reacții. Vreau să mulțumesc, de asemenea, cu deosebită recunoștință pentru informația oferită (cu bună știință sau nu) de prieteni și colegi cu competențe specializate, dar care nu sunt citați în acest text. Printre ei se găsesc (în ordine alfabetică) Partha Dasgupta, Stu Feldman, Ian Golden, Demis Hassabis, Hugh Hunt, Charlie Kennel, David King, Seán Ó hÉigeartaigh, Catharine Rhodes, Richard Roberts, Eric Schmidt și Julius Weitzdorfer.

Îi sunt în mod special recunoscător lui Ingrid Gnerlich de la Princeton University Press pentru că m-a îndemnat să scriu această carte și pentru că m-a sfătuit în timp ce-o scriam. De asemenea, le sunt recunoscător lui Dawn Hall pentru corectură, lui Julie Shawvan pentru index și lui Chris Ferrante pentru tehnoredactare, precum și lui Jill Harris, Sarei Henning-Stout, Alison Kalett, Debrei Liese, Donnei Liese, Arthur Werneck și Kimberley Williams de la editură pentru eficiența cu care au dus până la capăt procesul de publicare.

Introducere

Un medalion cosmic

Să presupunem că ar exista extratereştri. În cazul în care unii dintre ei ne-ar fi urmărit planeta pe parcursul întregii ei existenţe de 45 de milioane de secole, ce-ar fi văzut? În cea mai mare parte a acestui interval gigantic, înfăţişarea Pământului s-a schimbat puţin câte puţin. Continentele s-au deplasat, calota glaciară a crescut şi a scăzut, iar specii succesive au apărut, au evoluat şi au dispărut.

Dar într-o fărâmă din istoria Pământului – ultimele o sută de secole – tiparele vegetaţiei s-au schimbat mult mai rapid ca înainte. Acest lucru a semnalat începutul agriculturii – şi apoi al urbanizării. Schimbările s-au accelerat odată cu creşterea demografică.

Apoi au urmat schimbări şi mai rapide. În doar cincizeci de ani, cantitatea de dioxid de carbon din

atmosferă a început să crească anormal de repede. Şi s-a mai întâmplat un lucru fără precedent: rachete lansate de pe suprafaţa planetei au părăsit complet biosfera. Unele au fost propulsate pe orbită în jurul Pământului, altele au călătorit spre Lună şi spre alte planete.

Ipoteticii extratereştri ar şti că Pământul se va încălzi treptat, fiind condamnat la extincţie în aproximativ şase miliarde de ani, când Soarele va exploda şi va pieri. Dar ar fi putut ei prezice această febră „subită" de la mijlocul existenţei sale – aceste schimbări provocate de om – care pare să se instaleze cu o viteză fulgerătoare?

Dacă ar continua să vegheze, ce-ar observa în secolul următor? Tăcere după un spasm final? Stabilizarea ecologiei planetare? Ori o armadă de rachete lansate de pe Terra care vor crea noi oaze de viaţă altundeva?

Această carte oferă câteva speranţe, temeri şi ipoteze despre ceea ce va urma. Supravieţuirea în secolul acesta şi menţinerea viitorului pe termen lung al lumii noastre tot mai vulnerabile depind atât de accelerarea anumitor tehnologii, cât şi de restricţionarea responsabilă a altora. Provocările pentru decidenţi sunt imense şi descurajatoare. Perspectiva mea este una personală – în calitate de

om de știință (astronom), dar și de membru îngrijorat al rasei umane.

*

Pentru europenii din Evul Mediu, întreaga cosmologie – de la creație la apocalipsă – se întindea pe doar câteva mii de ani. Acum ne imaginăm durate de un milion de ori mai mari. Dar, chiar și în această perspectivă vastă, secolul actual este deosebit. Este primul în care o specie, a noastră, a devenit atât de puternică și de dominantă, încât are viitorul planetei în mâinile sale. Am intrat într-o epocă pe care unii geologi o numesc antropocen.

Oamenii din Antichitate erau derutați și neajutorați din pricina inundațiilor și molimelor – și predispuși la frici iraționale. Mari părți ale planetei erau *terra incognita*. Cosmosul anticilor era redus la Soare și la planetele înconjurate de stelele fixe răspândite pe „bolta cerească". Astăzi, știm că Soarele nostru e doar una din cele o sută de miliarde de stele din galaxia noastră, la rândul ei una din cel puțin o sută de miliarde de alte galaxii.

Dar, în pofida acestor orizonturi conceptuale vaste – și în pofida înțelegerii noastre sporite și a

controlului nostru asupra lumii naturale –, perioada în privința căreia putem face planuri practice sau asupra căreia putem face previziuni de încredere a devenit mai scurtă. Evul Mediu european a fost o perioadă tumultuoasă și nesigură. Dar această epocă s-a desfășurat pe un „fundal" care s-a schimbat foarte puțin de la o generație la alta; cu dăruire, zidarii medievali adăugau cărămizi catedralelor care se construiau într-un secol. Pentru noi, în schimb, următorul secol va fi cu totul diferit față de cel prezent. A existat un decalaj exploziv între perioadele tot mai scurte de schimbări tehnice și sociale și miliardele de ani ale biologiei, geologiei și cosmologiei.

Oamenii sunt acum atât de numeroși și au o „amprentă" colectivă atât de pronunțată, încât au capacitatea de a transforma sau chiar de a distruge întreaga biosferă. Populația în creștere și tot mai exigentă exercită o presiune semnificativă asupra mediului natural; acțiunile oamenilor ar putea declanșa schimbări climatice periculoase și extincții în masă dacă se depășesc anumite „puncte critice" – consecințe care ar lăsa moștenire generațiilor viitoare o lume secătuită și sărăcită. Dar pentru a reduce aceste riscuri nu trebuie să înfrânăm tehnologia; dimpotrivă, trebuie să înțelegem mai bine

natura și să folosim imperativ tehnologia corespunzătoare. Acestea sunt temele capitolului 1.

Cei mai mulți oameni din lume au un trai mai bun decât au avut părinții lor – și proporția celor care trăiesc în sărăcie e în scădere. Aceste îmbunătățiri, pe fundalul creșterii rapide a populației, n-ar fi putut să aibă loc fără progresele din știință și tehnologie – care au fost forțe pozitive în lume. Susțin în capitolul 2 că viețile noastre, sănătatea și mediul nostru ar putea avea de câștigat în continuare de pe urma progresului sporit din biotehnologie, cibernetică, robotică și inteligență artificială (IA). Din această perspectivă, sunt optimist în legătură cu tehnologia. Dar există un inconvenient potențial. Aceste progrese ne expun lumea din ce în ce mai interconectată la vulnerabilități noi. Într-un deceniu sau două, tehnologia va perturba tiparele muncii, economiile naționale și relațiile internaționale. Într-o epocă în care toți devenim interconectați, în care cei dezavantajați sunt conștienți de situația lor dificilă și în care se migrează ușor, nu prea poți să rămâi optimism în legătură cu pacea mondială dacă se menține falia, atât de profundă cum este în situația geopolitică actuală, dintre nivelurile de bunăstare și între șansele la viață din diferite regiuni. E neliniștitoare în special perspectiva ca

progresele din genetică și medicină, care pot îmbunătăți calitatea vieții umane, să fie disponibile doar pentru cei privilegiați, prevestind forme de inegalitate și mai importante.

Există unii care promovează o viziune optimistă asupra viitorului, entuziasmați de dezvoltarea sensibilităților noastre morale și de progresul material. Eu unul nu împărtășesc această perspectivă. Într-adevăr, datorită tehnologiei, a existat o îmbunătățire bine-venită a traiului și șanselor la viață ale majorității oamenilor – în educație, sănătate și longevitate. Cu toate acestea, decalajul dintre felul cum este lumea și felul cum ar putea fi ea e mai mare decât oricând. Poate că viața oamenilor medievali era vrednică de milă, dar nu se putea face mare lucru pentru a o îmbunătăți. În schimb, situația înfiorătoare a celor un miliard de săraci din lumea actuală ar putea fi transformată prin redistribuirea averii celor mai bogați o mie de oameni de pe planetă. Faptul că nu dăm curs acestui imperativ umanitar, pe care națiunile sunt capabile să-l remedieze, pune sub semnul întrebării orice pretenție de progres moral instituțional.

Posibilitățile biotehnologiei și lumii ciberneticii sunt entuziasmante – dar și înfricoșătoare. Inovațiile rapide ne-au oferit deja o putere atât de

mare, la nivel individual și colectiv, încât suntem capabili – voit sau nu – să generăm schimbări globale cu efecte seculare. Smartphone-ul, internetul și accesoriile lor sunt deja esențiale în viețile noastre conectate. Dar aceste tehnologii ar fi părut magice până și acum douăzeci de ani. Așadar, privind spre deceniile următoare, trebuie să ne păstrăm mințile deschise, sau cel puțin întredeschise, la progresele transformatoare care ar putea să pară azi SF.

Nu putem preconiza cu certitudine stilurile de viață, atitudinile, structurile sociale sau dimensiunea populației din deceniile următoare – și cu atât mai puțin contextul geopolitic în care se vor manifesta aceste tendințe. Mai mult, trebuie să ținem seama de un tip de schimbare fără precedent care ar putea apărea în câteva decenii. Înseși ființele umane – mentalul și fizicul lor – ar putea deveni maleabile prin folosirea modificării genetice și a tehnologiilor cyborgilor. Acest lucru e revoluționar. Când admirăm literatura și artefactele care au supraviețuit din Antichitate, simțim o afinitate, dincolo de mileniile care ne separă, cu artiștii antici și civilizațiile lor. În schimb, nu avem motive să credem că inteligențele dominante de peste câteva secole vor rezona emoțional cu noi în

vreun fel – chiar dacă e posibil să aibă o înțelegere algoritmică a comportamentului nostru.

Secolul XXI e deosebit și din alt motiv: este primul în care oamenii ar putea să construiască habitate pe alte planete. Primii „colonişti" ai unei lumi extraterestre vor trebui să se adapteze la un mediu ostil – și se vor afla în afara sferei de acțiune a regulatoarelor terestre. Acești aventurieri ar putea iniția tranziția de la inteligența organică la cea electronică. Această nouă încarnare a „vieții", care nu va necesita o atmosferă sau o suprafață planetară, ar putea să se răspândească mult dincolo de sistemul nostru solar. Călătoria interstelară nu este intimidantă pentru entitățile electronice cvasinemuritoare. Dacă viața este specifică doar planetei noastre, această diasporă va reprezenta un eveniment de proporții cosmice. Dar, dacă inteligența e răspândită deja în cosmos, descendenții noștri vor fuziona cu ea. Acest lucru se va realiza în perioade astronomice – nu „doar" în veacuri. Capitolul 3 prezintă o perspectivă asupra acestor scenarii pe termen lung, în care se pune problema dacă roboții vor înlocui inteligența „organică" și dacă o asemenea inteligență există deja altundeva în cosmos.

Ce se va întâmpla cu urmașii noștri, aici pe Pământ și poate mult mai departe de el, va depinde

de unele tehnologii pe care abia dacă ni le putem închipui azi. În secolele viitoare (doar o clipă din perspectivă cosmică), inteligența noastră creatoare ar putea declanșa tranzițiile de la o specie terestră la una care călătorește prin spațiu și de la inteligența biologică la cea electronică – tranziții care ar putea inaugura miliarde de ani de evoluție postumană. Pe de altă parte, așa cum voi discuta în capitolele 1 și 2, oamenii ar putea produce catastrofe biologice, cibernetice sau climatice, care să anuleze aceste posibilități.

Capitolul 4 oferă câteva incursiuni (poate mai extravagante) în teme științifice – fundamentale și filosofice – care ridică semne de întrebare asupra întinderii realității fizice și a existenței limitelor intrinseci pentru cât vom reuși să înțelegem vreodată din complexitățile lumii reale. Trebuie să evaluăm ceea ce este credibil și ceea ce poate fi considerat de domeniul științifico-fantasticului, pentru a preconiza impactul științei asupra perspectivelor omenirii pe termen lung.

În capitolul final voi aborda chestiuni mai apropiate de prezent. Aplicată optim, știința ar putea oferi un viitor strălucit celor nouă sau zece miliarde de oameni care vor locui pe Terra în 2050. Dar cum putem să maximizăm șansa de a înfăptui acest

viitor benefic și să evităm în același timp problemele distopice? Civilizația noastră este modelată de inovațiile care izvorăsc din progresele științifice și de înțelegerea tot mai aprofundată a naturii datorată acestora. Oamenii de știință vor trebui să comunice cu publicul larg și să-și folosească expertiza în folosul lui, mai ales atunci când miza va fi extrem de mare. În cele din urmă, voi aborda provocările globale actuale – subliniind ideea că acestea ar putea necesita noi instituții internaționale, informate și sprijinite de o știință bine gestionată, dar care să fie, de asemenea, receptive la opinia publică în chestiuni legate de politică și etică.

Planeta noastră, acest „palid punct albastru" din cosmos, e un loc special. Poate că e și un loc unic. Iar noi îi purtăm de grijă într-o epocă hotărâtoare. Acesta este un mesaj important pentru noi toți – și este și tema cărții de față.

1. În adâncul antropocenului

1.1. Pericole și perspective

Acum câțiva ani, m-am întâlnit cu un renumit magnat din India. Știind că dețin titlul britanic de „astronom regal", m-a întrebat: „Dumneavoastră faceți horoscoapele reginei?". Am răspuns cu o mină serioasă: „Dacă și-ar dori unul, la mine ar apela". Părea dornic să-mi asculte previziunile. I-am spus că acțiunile vor fluctua, că vor apărea noi tensiuni în Orientul Mijlociu și așa mai departe. Îmi asculta fascinat aceste „prorociri". Dar apoi am mărturisit. I-am spus că sunt doar astronom – nu astrolog. Și-a pierdut brusc orice interes pentru predicțiile mele. Și pe bună dreptate: oamenii de știință sunt prezicători lamentabili – aproape la fel de slabi ca economiștii. De exemplu, în anii 1950, un alt astronom regal susținea că zborul cosmic era „o aberație crasă".

Nici politicienii, şi nici avocaţii nu sunt mai pricepuţi. Un futurolog oarecum surprinzător a fost F.E. Smith, conte de Birkenhead, apropiat al lui Churchill şi Lordul Cancelar al Regatului Unit în anii 1920. În 1930 a scris o carte intitulată *The World in 2030* (Lumea în 2030)[1]. Îi citise pe futurologii epocii sale; îşi imagina copii incubaţi în retorte, maşini zburătoare şi alte asemenea fantezii. Cu toate acestea, anticipa stagnarea socială. Iată un fragment: „În 2030, femeile, cu agerimea şi farmecul lor, îi vor îmboldi în continuare pe cei mai capabili bărbaţi spre culmi pe care ele nu le-ar putea atinge niciodată".

Am spus destul!

*

În 2003 am scris o carte intitulată *Our Final Century?* (Secolul nostru final?) Editorul meu din Marea Britanie a şters semnul de întrebare. Editorii americani au schimbat titlul în *Our Final Hour* (Ultimul nostru ceas)[2]. Tema mea era următoarea: Pământul nostru are o vârstă de 45 de milioane de secole. Dar secolul acesta este primul în care o specie – a noastră – poate decide soarta biosferei.

Nu credeam că ne vom autodistruge. Dar credeam că vom evita catastrofe de proporții doar cu foarte mult noroc. Și aceasta din pricina presiunii incredibile pe care o exercităm asupra ecosistemelor; suntem tot mai mulți (populația lumii a crescut) și avem nevoie de tot mai multe resurse. Lucru și mai înspăimântător, tehnologia ne conferă din ce în ce mai multă putere și ne expune astfel la vulnerabilități inedite.

Am fost influențat, printre alții, de un mare înțelept de la începutul secolului XX. În 1902, tânărul H.G. Wells a susținut o celebră conferință la Royal Institution din Londra[3]. El afirma că

> omenirea a parcurs un drum lung și distanța pe care am străbătut-o ne spune câte ceva despre drumul pe care-l avem în față... Putem crede că tot trecutul este doar începutul unui început și că tot ce este și a fost reprezintă doar amurgul zorilor. Putem crede că tot ce a realizat mintea omului este doar visul de dinaintea trezirii; dintre urmașii noștri, vor răsări spirite care ne vor privi în micimea noastră și ne vor cunoaște mai bine decât ne cunoaștem noi înșine. Va veni o zi, doar una în succesiunea nesfârșită a zilelor, când ființele, ființe care sunt acum latente în mintea noastră și ascunse în adâncul trupurilor noastre,

> vor sta pe acest pământ așa cum stă cineva pe un piedestal, vor râde și-și vor întinde mâinile până la stele.

Discursul său, destul de bombastic, are încă ecouri după mai bine de un veac – gânditorul și-a dat seama că noi, oamenii, nu reprezentăm apogeul vieții.

Dar Wells nu era un optimist. Sublinia și riscul unui dezastru global:

> E imposibil să arătăm de ce anumite lucruri nu ar putea să nimicească și să pună capăt istoriei omenirii... și să zădărnicească toate eforturile noastre... ceva din spațiu, o molimă ori vreo epidemie din atmosferă, vreo otravă lăsată în urmă de comete, o imensă emanație de vapori din interiorul Pământului, noi animale care ne vor vâna, vreun drog ori vreo nebunie distrugătoare din mintea omului.

Îl citez pe Wells pentru că reflectă amestecul de optimism și anxietate – și de speculație și știință – pe care voi încerca să-l transmit prin această carte. Dacă el ar scrie azi, ar fi entuziasmat de viziunea noastră mai cuprinzătoare asupra vieții și a cosmosului, dar ar fi și mai înspăimântat de pericolele care ne pasc. Mizele se tot măresc, într-adevăr;

știința nouă ne oferă oportunități uriașe, dar consecințele ei ne-ar putea periclita supraviețuirea. Mulți sunt îngrijorați că evoluează atât de rapid, încât nici politicienii, nici publicul larg nu reușesc să o asimileze sau să-i facă față.

*

Vă gândiți poate că, fiind astronom, anxietatea legată de ciocnirile cu asteroizi mă ține treaz noaptea. Nu e cazul. De fapt, aceasta este una dintre puținele amenințări pe care le putem cuantifica – și în privința cărora putem fi încrezători că sunt improbabile. Cam odată la zece milioane de ani, un corp celest cu diametrul de câțiva kilometri lovește Pământul, producând o catastrofă globală – astfel încât riscul ca un asemenea impact să aibă loc în cursul unei vieți omenești e infim. Există însă numeroși asteroizi mai mici care ar putea provoca pagube regionale sau locale. Incidentul din 1908 de la Tunguska, care a făcut una cu pământul sute de kilometri pătrați (din fericire, nepopulați) de pădure siberiană, a eliberat o energie echivalentă cu câteva sute de bombe precum cea de la Hiroshima.

Putem fi preveniți în legătură cu aceste coliziuni? Răspunsul e afirmativ. Se are deja în vedere crearea unei baze de date referitoare la cei un milion de asteroizi cu diametrul mai mare de 50 de metri care ar putea lovi Pământul și urmărirea orbitelor lor pentru a-i identifica pe cei care se apropie periculos de mult. Avertizate în privința unui impact, cele mai vulnerabile zone ar putea fi evacuate. O veste și mai bună e că am putea construi nave spațiale care să ne apere. Un „ghiont" dat în spațiu cu câțiva ani înainte de impactul care ne amenință ar trebui să schimbe viteza asteroidului cu doar câțiva centimetri pe secundă pentru a-l abate de la cursul de coliziune cu Pământul.

Dacă am calcula o primă de asigurare așa cum se face în mod obișnuit, înmulțind probabilitatea cu consecințele, s-ar părea că merită să cheltuim câteva sute de milioane de dolari pe an pentru a reduce riscul prezentat de asteroizi.

Alte amenințări naturale – cutremurele și vulcanii – sunt mai puțin previzibile. În clipa de față nu există nicio modalitate sigură de a le preveni (sau măcar de a le prevedea). Dar aceste evenimente au și o parte bună, la fel ca asteroizii: frecvența lor nu este în creștere. Astăzi e aproximativ

aceeași ca pe vremea neanderthalienilor – sau ca în epoca dinozaurilor. Dar consecințele unor asemenea evenimente depind de vulnerabilitatea și valoarea infrastructurii expuse riscului, care sunt considerabil mai mari în lumea urbanizată actuală. Mai mult, există fenomene cosmice de care neanderthalienii (de fapt, toți oamenii care au trăit înainte de secolul al XIX-lea) nici nu erau conștienți: puternicele explozii solare. Acestea declanșează furtuni magnetice care ar putea perturba rețelele electrice și comunicațiile electronice la nivel mondial.

În ciuda acestor amenințări naturale, pericolele care ar trebui să ne îngrijoreze cel mai mult sunt cele generate de noi înșine. Ele se conturează acum mult mai clar, devenind mai probabile și potențial mai dezastruoase cu fiecare deceniu care trece.

Deja am scăpat o dată ca prin urechile acului.

1.2. Amenințările nucleare

În epoca Războiului Rece – când nivelurile înarmării au depășit orice limită rațională –, superputerile ar fi putut declanșa Armaghedonul din

cauza confuziei și a calculelor eronate. Era epoca „adăposturilor antiatomice". În timpul crizei rachetelor din Cuba, participam ca student împreună cu colegii mei la manifestații pașnice și la demonstrații – și ne descrețeau frunțile doar „cântecele de protest", precum versurile lui Tom Lehrer: „We'll all go together when we go,/ all suffused with an incandescent glow" („Când va fi să pierim, vom pieri împreună,/ scăldați cu toții într-o strălucire incandescentă"). Dar am fi fost și mai speriați dacă am fi știut cu adevărat cât de aproape eram de catastrofă. S-a afirmat mai târziu că președintele Kennedy ar fi spus că riscul era „undeva între 30% și 50%". Abia după ce ieșise de mult la pensie, Robert McNamara a mărturisit sincer că „am ajuns la un fir de păr de războiul nuclear fără să ne dăm seama. Nu este meritul nostru că am scăpat – Hrușciov și Kennedy au fost deopotrivă norocoși și înțelepți".

Cunoaștem acum mai multe detalii ale unuia dintre cele mai tensionate momente. Vasili Arhipov, un ofițer foarte respectat și decorat din marina rusă, era secund pe un submarin ce transporta rachete nucleare. Când Statele Unite au atacat submarinul cu bombe de adâncime, căpitanul a presupus că

izbucnise războiul și a ordonat echipajului să lanseze rachetele. Conform protocolului, primii trei ofițeri superiori de la bord trebuiau să aprobe decizia. Arhipov s-a opus unei asemenea măsuri – și astfel a evitat declanșarea unui atac nuclear care ar fi putut să ia o amploare catastrofală.

Evaluările de după criza din Cuba sugerează că riscul anual de distrugere termonucleară din timpul Războiului Rece era de circa 10.000 de ori mai mare decât riscul mediu de deces în urma impactului cu un asteroid. De altfel, au existat și situații în care lumea a fost doar la un pas de catastrofă. În 1983, Stanislav Petrov, un ofițer din aviația rusă, a văzut pe un ecran o „alertă" potrivit căreia cinci rachete balistice intercontinentale Minuteman fuseseră lansate de SUA către Uniunea Sovietică. Instrucțiunile lui Petrov, pentru o asemenea situație, erau să-și alerteze superiorul (care putea, în câteva minute, să declanșeze represalii nucleare). A decis, bazându-se numai pe intuiție, să ignore ceea ce văzuse pe ecran, bănuind că era doar o eroare a sistemului de avertizare timpurie. Așa a și fost; sistemul confundase reflectarea razelor solare pe partea superioară a norilor cu lansarea unei rachete nucleare.

Mulți susțin acum că descurajarea nucleară a dat roade. Într-un fel, au dreptate. Dar asta nu înseamnă că a fost o politică înțeleaptă. Dacă joci ruleta rusească având unu sau două gloanțe în butoiașul pistolului, ai mai multe șanse să supraviețuiești decât să mori, dar ar trebui ca miza să fie extraordinar de mare – sau să-ți prețuiești prea puțin viața – pentru ca acesta să fie un pariu înțelept. Am fost atrași într-un asemenea pariu de-a lungul întregii epoci a Războiului Rece. Ar fi interesant să știm la ce nivel de risc credeau ceilalți lideri că ne expun și ce sorți ar fi acceptat cei mai mulți cetățeni europeni, dacă li s-ar fi cerut să-și dea consimțământul în cunoștință de cauză. În ce mă privește, nu mi-aș fi asumat o șansă din trei – nici măcar una din șase – să se producă o catastrofă care ar fi ucis sute de milioane de oameni și ar fi distrus structura istorică a tuturor orașelor europene, chiar dacă alternativa ar fi fost supremația sovietică certă în Europa de Vest. Și, desigur, consecințele devastatoare ale unui război termonuclear ar fi depășit cu mult granițele țărilor care se confruntau cu o amenințare directă, mai ales dacă s-ar fi instalat o „iarnă nucleară".

Anihilarea nucleară continuă să ne amenințe: singura consolare e că, grație eforturilor superputerilor de a controla înarmarea, există de circa cinci ori mai puține arme nucleare decât în timpul Războiului Rece – Rusia și Statele Unite dețin fiecare în jur de 7.000 – și mai puține sunt gata să fie lansate în orice moment. Cu toate acestea, în prezent există nouă puteri nucleare și o probabilitate mai ridicată decât oricând ca arsenale nucleare mai mici să fie folosite pe plan regional sau chiar de către teroriști. În plus, nu putem exclude, mai târziu în cursul acestui secol, posibilitatea unei reconfigurări geopolitice care să ducă la un război rece între noi superputeri. O nouă generație s-ar putea confrunta cu propria „Cuba" – și ar putea s-o gestioneze mai prost (sau mai ghinionist) decât a fost gestionată criza din 1962. O amenințare nucleară la adresa existenței noastre este doar suspendată temporar.

Capitolul 2 va aborda științele secolului XXI – biotehnologia, tehnologia cibernetică și IA – și ceea ce ar putea prevesti ele. Întrebuințarea lor greșită prezintă un risc tot mai ridicat. Tehnicile și expertiza în ceea ce privește atacurile biologice sau cibernetice vor fi accesibile pentru milioane

de oameni – și nu au nevoie de echipamente sau instalații mari și specializate, așa cum au armele nucleare. Tentativele de sabotaj cibernetic ca „Stuxnet" (un „vierme" care a distrus centrifugele folosite în programul iranian de înarmare nucleară) și spargerea frecventă a rețelelor de calculatoare ale instituțiilor financiare au plasat deja aceste chestiuni în fruntea agendei politice. Un raport al Comisiei Științifice a Pentagonului susținea că impactul unui atac cibernetic (sabotarea, de pildă, a rețelei electrice din SUA) ar putea fi îndeajuns de catastrofal pentru a justifica o ripostă nucleară[4].

Dar mai întâi să ne concentrăm asupra distrugerii ce poate fi provocată de degradarea mediului înconjurător de către om și de schimbările climatice. Aceste amenințări interconectate sunt de lungă durată și insidioase. Ele sunt generate de „amprenta" colectivă tot mai apăsată a umanității. Dacă generațiile viitoare nu vor avea mai multă grijă (sau dacă populația nu va scădea), ecologia finită a planetei noastre va fi solicitată dincolo de limitele sale.

1.3. Amenințările ecologice și punctele critice

Acum cincizeci de ani, populația lumii era de circa 3,5 miliarde. Acum este estimată la 7,6 miliarde. Dar creșterea încetinește. De fapt, numărul anual al nașterilor, la nivel global, a atins punctul maxim acum câțiva ani, iar în prezent descrește. Cu toate acestea, se preconizează că populația lumii va ajunge la aproximativ 9 miliarde sau chiar mai mult până în 2050[5]. Aceasta deoarece cei mai mulți oameni din țările în curs de dezvoltare sunt încă tineri și nu au avut copii, dar și pentru că vor trăi mai mult; histograma vârstei pentru țările în curs de dezvoltare va începe să semene cu cea a Europei. Cea mai mare creștere actuală se înregistrează în Asia de Est, unde se vor concentra resursele umane și financiare ale lumii – punând capăt unei hegemonii nord-atlantice de patru secole.

Demografii prevăd o urbanizare continuă, 70% din populație urmând să locuiască în orașe până în 2050. Până în 2030, Lagos, São Paulo și Delhi vor depăși 30 de milioane de locuitori. O provocare

majoră pentru cei aflați la conducere va fi să împiedice megaorașele să devină niște distopii turbulente.

Se vorbește momentan prea puțin despre creșterea populației. Aceasta s-ar putea datora parțial și previziunilor sumbre referitoare la foametea în masă – precum, de pildă, cartea *The Population Bomb*, din 1968, a lui Paul Ehrlich sau concluziile Clubului de la Roma –, care s-au dovedit hazardate. De asemenea, unii consideră creșterea populației un subiect tabu – pătat prin asociere cu eugenia din anii 1920-1930, cu politicile indiene din vremea Indirei Gandhi și, mai recent, cu politica dură a copilului unic din China. După cum s-a dovedit, producția de hrană și extragerea resurselor au ținut pasul cu creșterea populației; mai există perioade de foamete, dar acestea nu se datorează unei penurii generale, ci conflictului sau proastei repartizări[6].

Nu putem specifica o „populație optimă" a globului, pentru că nu știm cum vor arăta stilurile de viață, alimentația, modul de a călători și necesitățile energetice ale oamenilor după 2050. Pământul nu și-ar putea susține populația actuală dacă toți ar trăi la fel de extravagant – fiecare consumând la fel de multă energie și carne de vită – ca

americanii înstăriți din zilele noastre. Pe de altă parte, 20 de miliarde de oameni ar putea trăi sustenabil, cu un nivel de trai rezonabil (chiar dacă ascetic), dacă toți ar adopta o dietă vegană, ar călători puțin, ar locui în blocuri cu multe apartamente mici și ar interacționa prin intermediul superinternetului și al realității virtuale. Acest ultim scenariu este destul de improbabil și, cu siguranță, deloc ispititor. Dar distanța dintre cele două extreme ne arată cât de naiv este să ne bazăm pe o cifră așezată la loc de cinste, dar lipsită de orice certificări referitoare la „sustenabilitatea" planetei.

O lume cu 9 miliarde de oameni, cifră care ar putea fi atinsă (sau chiar depășită) până în 2050, nu trebuie neapărat să indice o catastrofă. Agricultura modernă – bazată pe tehnici de conservare a solurilor, pe economisirea apei și, probabil, pe culturi modificate genetic, cu o inginerie superioară pentru a reduce pierderile, a îmbunătăți irigația ș.a.m.d. – ar putea hrăni o populație atât de mare. Sintagma aflată pe buzele tuturor este „intensificare sustenabilă". Dar vor apărea constrângeri energetice – și, în anumite regiuni, presiuni însemnate asupra rezervelor de apă. Cifrele citate sunt uluitoare. Pentru a cultiva un kilogram

de grâu este nevoie de 1.500 de litri de apă și de câțiva megajouli de energie. Dar un kilogram de carne de vită necesită de zece ori mai multă apă și de douăzeci de ori mai multă energie. Producția alimentară utilizează 30% din producția globală de energie și 70% din apa prelevată din sursele existente.

Tehnicile agricole care folosesc organisme modificate genetic pot fi benefice. Ca să luăm doar un exemplu, Organizația Mondială a Sănătății (OMS) estimează că 40% dintre copiii sub vârsta de 5 ani din țările în curs de dezvoltare suferă de deficiență de vitamina A; aceasta e cauza principală a orbirii infantile la nivel global, care afectează sute de mii de copii în fiecare an. Așa-numitul orez auriu, creat în anii 1990 și îmbunătățit ulterior, este bogat în betacaroten, precursorul vitaminei A, și ameliorează deficiența de vitamina A. În mod regretabil, organizațiile de protecție a mediului, în special Greenpeace, au împiedicat cultivarea orezului auriu. Firește, există griji legate de „manipularea naturii", dar, în acest caz, noile tehnici ar fi putut încuraja „intensificarea sustenabilă". Mai mult, există speranțe că o modificare mai drastică a genomului orezului (așa-numita cale C4) ar putea spori eficiența fotosintezei, permițând astfel o creștere mai

rapidă și mai susținută a celei mai importante culturi de pe glob.

Două potențiale inovații alimentare nu se confruntă cu o barieră tehnică înaltă: transformarea insectelor – extrem de nutritive și bogate în proteine – într-o hrană gustoasă; de asemenea, producerea cărnii artificiale din proteine vegetale. În ceea ce privește a doua inovație, o companie californiană numită Impossible Foods (Mâncăruri Imposibile) vinde încă din 2015 burgeri de „vită" făcuți în principal din grâu, nucă-de-cocos și cartofi. Va mai trece totuși o vreme până când acești burgeri îi vor satisface pe gurmanzii carnivori pentru care sucul de sfeclă este un înlocuitor slab pentru sânge. Dar biochimiștii se ocupă de această problemă, explorând tehnici mai sofisticate. În principiu, este posibil să „cultivăm" carne luând câteva celule de la un animal și stimulând apoi creșterea cu nutrienții potriviți. O altă metodă, numită „agricultură acelulară", folosește bacterii modificate genetic, drojdie, ciuperci sau alge pentru a produce proteinele și grăsimile care se găsesc (de pildă) în lapte și ouă. Dezvoltarea unor înlocuitori acceptabili pentru carne este un imperativ ecologic cu vădite beneficii financiare, deci putem fi încrezători că industria alimentară va progresa rapid.

Putem fi optimiști din perspectivă tehnologică în legătură cu alimentația – dar și în legătură cu sănătatea și cu educația. Însă e dificil să nu fii pesimist din perspectivă politică. Îmbunătățirea condițiilor de viață ale celor mai săraci oameni din lume prin asigurarea nutriției adecvate, a educației fundamentale și a altor lucruri de bază este deja un scop care poate fi atins cu ușurință; impedimentele sunt preponderent politice.

Pentru ca beneficiile inovației să fie răspândite pe tot globul, va trebui să ne schimbăm cu toții stilul de viață. Dar acest lucru nu trebuie neapărat să fie sinonim cu privațiunea. De fapt, până în 2050, cu toții vom putea avea o calitate a vieții cel puțin la fel de bună cu cea de care se bucură astăzi occidentalii risipitori – cu condiția ca tehnologia să fie dezvoltată în mod corespunzător și folosită cu înțelepciune. Gandhi a rostit mantra: „Avem destul pentru nevoia (*need*) fiecăruia, dar nu și pentru lăcomia (*greed*) fiecăruia". Acesta nu trebuie să fie un îndemn la austeritate; mai degrabă e un apel la creștere economică întemeiată pe inovații care cruță resursele naturale și energia.

Sintagma „dezvoltare durabilă" s-a răspândit în 1987, când Comisia Mondială pentru Mediu și Dezvoltare, prezidată de Gro Harlem Brundtland,

prim-ministrul Norvegiei, a definit-o drept „dezvoltarea care vine în întâmpinarea nevoilor prezentului – în special ale săracilor – fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi"[7] Cu toții vrem să ne „angajăm" să atingem acest scop, în speranța că în jurul anului 2050 va exista un decalaj mai mic între stilul de viață al societăților privilegiate și cel disponibil pentru restul lumii. Acest lucru nu se poate întâmpla dacă țările în curs de dezvoltare imită calea spre industrializare pe care au urmat-o Europa și America de Nord. Aceste țări trebuie să facă saltul direct către un mod de viață mai eficient și mai puțin risipitor. Scopul nu este să combatem tehnologia. Va fi nevoie de mai multă tehnologie, dar direcționată cum se cuvine, astfel încât să susțină inovația necesară. Națiunile mai dezvoltate trebuie să facă și ele această tranziție.

Tehnologia informației (IT) și mediile de socializare online sunt răspândite astăzi la nivel global. Fermierii rurali din Africa pot accesa informații legate de piață prin care să se protejeze împotriva comercianților care vor să-i înșele și pot transfera electronic fonduri. Dar aceleași tehnologii îi fac pe cei din zonele defavorizate ale lumii să fie conștienți de lucrurile de care sunt privați. Această

conștientizare va stârni resentimente mai puternice, motivând migrația în masă sau conflictul, dacă aceste contraste sunt percepute ca fiind excesive și nedrepte. Pentru națiunile bogate nu este numai un imperativ moral, ci și o chestiune de interes propriu să promoveze reducerea inegalităților – prin ajutor financiar direct (și prin sistarea exploatărilor abuzive actuale de materii prime), precum și prin investiții în infrastructură și producție în țările în care se găsesc refugiați strămutați, astfel încât cei săraci să nu fie atât de presați să migreze pentru a găsi de lucru.

Cu toate acestea, scopurile pe termen lung par să cedeze locul problemelor imediate în fruntea agendei politice – precum și următoarelor alegeri. Președintele Comisiei Europene, Jean-Claude Juncker, declara: „Știm cu toții ce trebuie să facem; nu știm însă cum să fim realeși după ce o vom face"[8]. Se referea la crizele financiare, dar remarca sa este și mai potrivită pentru problemele de mediu (și este de actualitate acum, când Obiectivele de Dezvoltare Durabilă ale ONU sunt implementate cu o lentoare descurajantă).

Există o discrepanță deprimantă între ceea ce s-ar putea face și ceea ce se face de fapt. Sporirea ajutoarelor oferite nu este de ajuns. Pentru ca țările

în curs de dezvoltare să se bucure de aceste beneficii, e nevoie de stabilitate, bună guvernanță și infrastructură eficientă. Magnatul sudanez Mo Ibrahim, a cărui companie a introdus telefoanele mobile în Africa, a instituit în 2007 un premiu de cinci milioane de dolari pe o perioadă de zece ani (plus 200.000 de dolari pe an după aceea) cu scopul ca liderii exemplari și incoruptibili din țările africane să fie recunoscuți – iar Premiul Ibrahim pentru conducătorii africani de seamă a fost acordat de cinci ori.

Măsurile relevante nu sunt neapărat luate cel mai bine la nivelul statelor-națiuni. Unele necesită, firește, cooperare multinațională, dar multe reforme eficiente au nevoie de o implementare mai degrabă locală. Există oportunități imense ca orașele avansate să devină deschizătoare de drumuri, conducând inovația high-tech ce va fi necesară în megaorașele din țările în curs de dezvoltare, unde provocările sunt deosebit de intimidante.

Gândirea pe termen scurt nu caracterizează doar politica electorală. Investitorii privați nu au nici ei un orizont destul de larg. Dezvoltatorii imobiliari nu construiesc o nouă clădire de birouri dacă nu-și recuperează investiția în, să spunem, treizeci de ani. De fapt, majoritatea zgârie-norilor din orașe

au o „durată de viață proiectată" de numai cincizeci de ani (o consolare pentru cei care deplâng faptul că ele domină orizontul). Potențialele beneficii și inconveniente dincolo de acest termen nu sunt luate în calcul.

Ce putem spune însă despre viitorul mai îndepărtat? Tendințele populației de după anul 2050 sunt mai greu de prezis. Ele vor depinde de ceea ce vor decide tinerii de azi și cei încă nenăscuți cu privire la numărul copiilor pe care îi vor avea și la intervalul dintre sarcini. Educația mai bună a femeilor și emanciparea acestora – cu siguranță o prioritate în sine – ar putea reduce rata fertilității acolo unde acum este cea mai mare. Dar această tranziție demografică n-a ajuns încă în unele zone din India și din Africa Subsahariană.

Numărul mediu de nașteri per femeie în anumite zone din Africa – Niger sau Etiopia rurală, de exemplu – este încă mai mare de șapte. Cu toate că, după toate probabilitățile, fertilitatea va descrește, este posibil, conform Națiunilor Unite, ca populația Africii să se dubleze din nou, ajungând la patru miliarde între 2050 și 2100, ceea ce ar ridica populația globului la unsprezece miliarde. În acest caz, Nigeria ar avea o populație egală cu

a Europei și Americii de Nord laolaltă, iar aproape jumătate dintre copiii lumii s-ar afla în Africa.

Optimiștii ne reamintesc că fiecare gură în plus înseamnă și două mâini și un creier. Cu toate acestea, cu cât populația va crește, cu atât presiunea exercitată asupra resurselor va fi mai mare, mai ales dacă țările în curs de dezvoltare își vor reduce decalajul față de țările dezvoltate în privința consumului per capita. Și cu atât mai greu va fi pentru Africa să scape din „capcana sărăciei". De fapt, unii au remarcat că preferințele culturale africane ar putea duce la o persistență a familiilor mari ca alegere, chiar dacă mortalitatea infantilă ar scădea. În acest caz, libertatea de a-ți alege dimensiunea familiei, inclusă de ONU în rândul drepturilor fundamentale, ar putea fi pusă sub semnul întrebării atunci când vor fi puse în balanță efectele negative produse de sporirea populației lumii.

Trebuie să sperăm că populația lumii va tinde să descrească după 2050. Chiar dacă pot fi hrănite nouă miliarde de persoane (printr-o bună guvernanță și o gestionare eficientă a agriculturii) și chiar dacă bunurile de consum vor fi produse mai ieftin (de pildă, prin imprimare 3D), iar „energia curată" va deveni îndestulătoare, alegerile în materie de alimentație vor fi limitate, iar calitatea vieții

va avea de suferit din princina suprapopulării și a reducerii spațiului verde.

1.4. Menținerea în limitele planetei

Am pătruns de ceva timp în antropocen. Acest termen a fost popularizat de Paul Crutzen, unul dintre oamenii de știință care au descoperit că ozonul din straturile superioare ale atmosferei este consumat de clorofluorocarburi (CFC) – chimicale folosite pe atunci în tuburile cu aerosoli și frigidere. Protocolul de la Montréal din 1987 a dus la interzicerea acestor chimicale. Acest acord a părut un precedent încurajator, dar el a dat roade doar pentru că existau înlocuitori pentru CFC care puteau fi folosiți fără costuri exorbitante. Din păcate, celelalte schimbări globale antropice (mai importante) generate de creșterea populației, schimbări ce necesită mai multă hrană, energie și alte resurse, nu sunt atât de ușor de gestionat. Toate aceste chestiuni sunt discutate pe scară largă. Ce ne deprimă este inacțiunea – pentru politicieni, problemele imediate au întâietate față de cele pe termen lung; chestiunile locale au întâietate față de cele globale. Trebuie să ne întrebăm dacă națiunile n-ar trebui să acorde o

suveranitate sporită organizațiilor noi, după modelul instituțiilor aflate sub patronajul ONU.

Presiunile populațiilor în creștere și schimbările climatice vor duce la pierderea biodiversității – efect care ar fi agravat dacă terenul în plus necesar producției de hrană sau de biocombustibili ar reduce suprafața pădurilor naturale. Schimbările climatice și modificarea destinației terenurilor pot duce împreună la apariția unor „puncte critice" care se amplifică reciproc și produc instabilitate și schimbări potențial ireversibile. Dacă impactul colectiv al umanității asupra naturii forțează prea mult ceea ce ecologistul din Stockholm, Johan Rockström, numește „limitele planetei"[9], „șocul ecologic" rezultat ne-ar putea secătui ireversibil biosfera.

De ce contează acest lucru atât de mult? Avem de suferit dacă populațiile de pești se micșorează până la extincție. Există plante în pădurea tropicală care ne-ar putea fi de folos în scopuri medicinale. Dar există și o valoare spirituală, dincolo de beneficiile practice ale unei biosfere diverse. Ca să-l citățm pe eminentul ecologist E.O. Wilson:

> În centrul concepției ecologice despre lume se află convingerea că sănătatea fizică și spirituală a

omenirii depinde de planeta Pământ... Ecosistemele naturale – pădurile, recifele de corali, apele curate ale mărilor – mențin lumea în starea pe care ne-o dorim. Corpul nostru și mintea noastră au evoluat pentru a trăi în acest mediu planetar unic, și nu în altul[10].

Ratele extincției sunt în creștere – distrugem cartea vieții înainte să o fi citit. De exemplu, populațiile de mamifere „carismatice" au scăzut, în unele cazuri până la niveluri care amenință specia ca atare. Multe dintre cele 6.000 de specii de broaște, broaște râioase și salamandre sunt deosebit de expuse riscului. Și, ca să-l citez din nou pe E.O. Wilson, „dacă faptele oamenilor vor duce la extincții în masă, acesta e păcatul pe care generațiile viitoare ni-l vor ierta cel mai puțin".

Întâmplător, aici, marile credințe religioase pot fi aliatele noastre. Personal, fac parte din conciliul Academiei Pontificale de Științe (un corp ecumenic; cei 70 de membri ai săi reprezintă toate cultele sau niciunul). În 2014 economistul Partha Dasgupta de la Cambridge împreună cu Ram Ramanathan, cercetător în domeniul climei la Institutul Scripps din California, au organizat

la Vatican o conferință la nivel înalt pe tema sustenabilității și a climei[11]. Aceasta a constituit un imbold științific oportun pentru enciclica papală din 2015 „Laudato Si". Biserica Catolică transcende diferendele politice; influența ei globală, trăinicia, viziunea ei pe termen lung sau atenția acordată săracilor lumii nu pot fi contestate. Papa a fost aplaudat în picioare la sediul ONU. Mesajul său a avut ecou în special în America Latină, Africa și Asia de Est.

Enciclica a oferit, de asemenea, o susținere papală evidentă a viziunii franciscane conform căreia oamenii au datoria de a se îngriji de tot ceea ce catolicii cred că este „creația lui Dumnezeu" – că lumea naturală are valoare în sine, independent de beneficiile pe care le aduce oamenilor. Această atitudine rezonează cu sentimentele minunat exprimate cu mai bine de un secol în urmă de Alfred Russel Wallace, căruia i se datorează în parte elaborarea teoriei evoluției prin selecție naturală:

> Mă gândeam la epocile îndelungate din trecut în cursul cărora generații succesive de asemenea făpturi splendide și-au dus traiul... fără niciun ochi inteligent care să le admire farmecul, ceea ce

> ar putea părea o risipă de frumusețe fără noimă... Această considerație ne arată cu certitudine că toate făpturile vii n-au fost create pentru om... Fericirea și desfătările lor, iubirile și urile lor, luptele lor pentru existență, viața lor intensă și moartea timpurie, toate acestea ar părea să fie nemijlocit legate doar de propria lor bună stare și perpetuare[12].

Enciclica papală a netezit calea către acordul de la conferința privind schimbările climatice de la Paris din decembrie 2015. Ea proclama cu elocvență că responsabilitatea noastră – pentru copiii noștri, pentru oamenii cei mai săraci și pentru ocrotirea diversității vieții – este să nu lăsăm în urmă o lume secătuită și primejdioasă.

Firește, cu toții împărtășim aceste sentimente. Dar instituțiile noastre seculare – economice și politice – nu elaborează planuri pe termen suficient de lung. În capitolele finale voi reveni asupra provocărilor intimidante pe care le ridică aceste amenințări pentru știință și pentru guvernanță.

Reglementările pot fi de ajutor. Dar reglementările nu-și vor lua avânt dacă mentalitatea publică nu se va schimba. Atitudinile Occidentului vizavi,

spre exemplu, de fumat și de condusul sub influența alcoolului s-au schimbat de ultimele decenii. Avem nevoie de o schimbare similară în atitudine astfel încât consumul excesiv și risipa de materii prime și energie – SUV-urile 4×4 (numite în derâdere „tractoare de Chelsea" în Londra, unde produc ambuteiaje în cartierele luxoase), radiatoarele de exterior, casele iluminate intens, ambalajele sofisticate de plastic, supunerea slugarnică față de modele schimbătoare și altele asemenea – să fie considerate lucruri „de prost gust", și nu stilate. De fapt, tranziția spre un consum moderat ar putea avea loc fără presiuni externe. Pentru generația mea, spațiul de locuit (o cameră studențească, iar mai târziu un apartament mai încăpător) era „personalizat" cu cărți, CD-uri și fotografii. Acum, când cărțile și muzica pot fi accesate online, poate că vom deveni mai puțin sentimentali în legătura cu „casa". Vom deveni nomazi – mai ales pentru că tot mai multe afaceri și socializarea se pot realiza online. Consumerismul ar putea fi înlocuit de o „economie colaborativă". Dacă acest scenariu va deveni realitate, va fi esențial ca națiunile în curs de dezvoltare să adopte cât mai direct acest stil de viață, sărind peste etapa consumului ridicat și a

risipei energetice prin care au trecut Europa și Statele Unite.

Campaniile eficiente trebuie să fie asociate cu un logo memorabil. Serialul TV *Blue Planet II* produs de BBC în 2017 arăta un albatros întors după peregrinări de mii de kilometri în căutarea hranei prin oceanele sudice și care regurgita pentru puii săi nu peștele hrănitor mult râvnit, ci bucăți de plastic. O asemenea imagine promovează și motivează cauza reciclării plasticului, care altfel se acumulează în oceane (afectând lanțul trofic al ființelor ce trăiesc acolo). De asemenea, imaginea deja emblematică (deși oarecum înșelătoare) a ursului-polar care plutește pe un sloi de gheață ce se topește simbolizează criza schimbării climatice – următorul meu subiect.

1.5. Schimbarea climatică

Planeta va deveni tot mai aglomerată. Și încă o predicție: treptat, ea se va încălzi. Presiunea exercitată asupra rezervelor de hrană și a întregii biosfere va fi agravată de schimbările condițiilor meteorologice globale. Schimbarea climatică exemplifică

tensiunea dintre știință, public și politicieni. Spre deosebire de problema suprapopulării, aceasta este intens dezbătută – în pofida faptului că în 2017 regimul Trump din Statele Unite a interzis folosirea sintagmelor „încălzire globală" și „schimbare climatică" în documentele publice. Cu toate acestea, se acționează înspăimântător de puțin în privința implicațiilor schimbării climatice.

Un lucru nu este controversat. Concentrația de CO_2 din aer este în creștere, mai ales ca urmare a arderii combustibililor fosili. Omul de știință Charles Keeling a măsurat nivelurile de CO_2 folosind un instrument de la Observatorul Mauna Loa din Hawaii, care a funcționat fără întrerupere din 1958 (după moartea lui Keeling în 2005, programul a fost continuat de fiul său, Ralph). Și nu încape îndoială că această creștere generează un „efect de seră". Lumina solară ce încălzește Pământul este reemisă ca radiație infraroșie. Dar, așa cum sticla dintr-o seră captează radiația infraroșie (deși lasă să pătrundă lumina), tot așa CO_2 acționează ca o pătură ce blochează căldura în atmosfera, uscatul și oceanele Pământului. Acest lucru a fost înțeles încă din secolul al XIX-lea. O creștere a concentrației de CO_2 va duce la o tendință de încălzire

pe termen lung, care se va adăuga la toate celelalte efecte complicate ce fac clima să fluctueze.

Dublarea emisiei de CO_2, dacă toate celelalte aspecte ale atmosferei ar rămâne neschimbate, ar genera o creștere cu 1,2 °C a temperaturii globale medii – acesta este un calcul simplu. Mai puțin înțelese sunt însă schimbările asociate, referitoare la vaporii de apă, pătura de nori și curenții din oceane. Nu știm cât de importante sunt aceste procese reactive. Al cincilea raport al Comisiei Interguvernamentale privind Schimbarea Climatică (CISC), publicat în 2013, a prezentat mai multe previziuni, care (în ciuda incertitudinilor) clarifică anumite lucruri. În special, dacă emisiile anuale de CO_2 continuă să crească necontrolat, riscăm să provocăm o schimbare climatică de proporții – care va duce la scenarii catastrofale cu efecte în secolele următoare, precum inițierea topirii ireversibile a ghețarilor din Groenlanda și Antarctica, fapt care va ridica în cele din urmă nivelul mărilor cu mai mulți metri. E important să subliniem că această creștere a temperaturii globale este doar una medie; efectul este cu atât mai perturbator cu cât creșterea e mai rapidă în anumite regiuni și poate provoca modificări severe ale condițiilor meteorologice regionale.

Dezbaterea referitoare la climă a fost viciată de antagonismele dintre știință, politică și interesele comerciale. Cei cărora nu le plac implicațiile previziunilor CISC au blamat știința în loc să ceară public o știință mai bună. Dezbaterea ar fi mai constructivă dacă cei care se opun politicilor actuale ar recunoaște imperativul de a rafina și a consolida previziunile – nu doar la nivel global, ci și, chiar mai important, pentru regiunile individuale. Oamenii de știință de la Cambridge și din California[13] desfășoară un proiect numit Vital Signs (Semne Vitale), care își propune să folosească un volum enorm de date referitoare la climă și mediu pentru a afla ce tendințe locale (secete, valuri de căldură etc.) sunt corelate cel mai direct cu creșterea temperaturii medii. Acesta ar putea să le ofere politicienilor ceva mai relevant și mai ușor de evaluat decât încălzirea globală medie.

Viteza cu care se acumulează CO_2 în atmosferă va depinde de tendințele viitoare ale populației și de proporțiile dependenței continue a lumii de combustibilii fosili. Dar nici măcar în cazul unui scenariu specific referitor la emisia de CO_2, nu putem prezice cât de rapid va crește temperatura medie, deoarece „factorul de sensibilitate climatică" este determinat de un feedback incert. Experții

CISC au ajuns la un consens, stabilind că, dacă nu se schimbă nimic – populația crește și depindem în continuare de combustibili fosili –, există o probabilitate de 5% ca temperatura să crească cu șase grade în secolul următor. Dacă vedem cheltuielile actuale pentru reducerea emisiilor de CO_2 ca pe o poliță de asigurare, principala justificare este de a evita mai curând riscul redus al unei catastrofe de proporții (cum ar fi această creștere de șase grade) decât probabilitatea de 50% să ne confruntăm cu ceva extrem de nociv, dar la care ne-am putea adapta.

Scopul proclamat al conferinței de la Paris era prevenirea creșterii temperaturii medii cu mai mult de două grade – și, pe cât posibil, limitarea ei la 1,5 grade. Este un scop adecvat dacă vrem să reducem riscul de a atinge „puncte critice". Dar întrebarea e: cum îl implementăm? Cantitatea de CO_2 care poate fi degajată fără a depăși această limită este de două ori incertă, pur și simplu pentru că nu cunoaștem factorul de sensibilitate climatică. Ținta este, de aceea, nesatisfăcătoare – și îi va încuraja, în mod evident, pe cei ce susțin folosirea combustibililor fosili să „promoveze" descoperiri științifice care preconizează o sensibilitate redusă.

În pofida incertitudinilor – atât din știință, cât și din proiecțiile demografice și economice –, două mesaje rămân importante:

1. Perturbările regionale la nivelul condițiilor meteorologice din următorii douăzeci-treizeci de ani vor agrava presiunile asupra rezervelor de hrană și apă, producând mai multe „evenimente extreme" și generând migrație.
2. În scenariile în care condițiile actuale rămân neschimbate, iar lumea depinde în continuare de combustibilii fosili, nu putem exclude, în cursul acestui secol, o încălzire cu adevărat catastrofală și anumite tendințe pe termen lung precum topirea calotei glaciare a Groenlandei.

Dar chiar și cei care acceptă ambele mesaje și sunt de acord că există un risc semnificativ de catastrofă climatică în cursul acestui secol au opinii diferite privind urgența măsurilor ce trebuie luate azi. Evaluarea lor depinde de așteptările legate de dezvoltarea viitoare și de optimismul privind soluțiile tehnologice. Mai presus de toate, ea depinde totuși de o chestiune etică: măsura în care ar trebui să ne limităm plăcerile în beneficiul generațiilor viitoare.

Bjørn Lomborg a dobândit notorietate (dar și un statut de „sperietoare" printre mulți oameni de știință interesați de climă) odată cu publicarea cărții sale *The Skeptical Environmentalist* (Ecologistul sceptic). El a convocat un grup de economiști la Copenhaga care să se pronunțe asupra problemelor și strategiilor globale[14]. Acești economiști aplică o rată de actualizare standard, stabilind astfel că nu este important ce se va întâmpla după 2050. Într-adevăr, riscul de catastrofă e redus în acest orizont temporal, așa încât nu este surprinzător că ei minimalizează prioritatea de a gestiona schimbarea climatică în favoarea unor probleme mai presante, precum asistarea săracilor lumii. Dar, așa cum ar susține Nicholas Stern[15] și Martin Weitzman[16], dacă aplici o rată de actualizare mai mică – și nu discriminezi pe baza datei nașterii și îți pasă de cei care vor trăi în secolul XXI și mai târziu –, atunci ai putea considera că merită să faci o investiție acum ca să protejezi generațiile viitoare de scenariul cel mai defavorabil.

Gândiți-vă la următoarea analogie. Să presupunem că astronomii au detectat un asteroid și au calculat că va lovi Pământul în 2100, nu cu certitudine, dar cu (să spunem) o probabilitate de 10%. Oare ne-am relaxa, spunând că este o problemă pe

care o putem lăsa deoparte vreme de cincizeci de ani – oamenii vor fi atunci mai bogați și s-ar putea dovedi că oricum asteroidul nu va lovi Pământul? Nu cred că am face asta. Cu toții ar fi de acord că ar trebui să ne apucăm imediat de treabă și să căutăm din răsputeri metode de a-i devia traseul sau a-i reduce efectele. Am conștientiza faptul că majoritatea copiilor mici de astăzi vor fi încă în viață în 2100, și ne pasă de ei.

(Ca o paranteză, aș vrea să remarc că există un context strategic în care se aplică o rată de actualizare de zero absolut: eliminarea deșeurilor radioactive, depozitele subterane, precum cel construit în Onkalo, Finlanda, și cel propus [apoi abandonat] sub Muntele Yucca din SUA, urmând să împiedice scurgerile timp de zece mii sau chiar un milion de ani – ceea ce este oarecum ironic, dacă ne gândim că nu putem planifica politici energetice nici măcar pe următorii treizeci de ani.)

1.6. Energia curată – și un „plan B"?

De ce răspund guvernele cu apatie la amenințarea climatică? În principal, pentru că grija pentru generațiile viitoare (și pentru oamenii din zonele

mai sărace ale lumii) tinde să fie neprioritară pe ordinea de zi. De fapt, reducerea emisiilor de CO_2 (prin, de pildă, o taxă pe carbon) este greu de încurajat nu numai pentru că impactul oricărei măsuri se va simți peste câteva decenii, ci și pentru că acesta se propagă la nivelul întregului glob. Angajamentele luate la conferința de la Paris din 2015 și promisiunea de a le reînnoi și revizui la fiecare cinci ani sunt un pas înainte. Dar chestiunile aflate în centrul atenției la această conferință își vor pierde din nou prioritatea pe ordinea de zi dacă nu există un interes public continuu – sau dacă nu apar în agenda politicienilor și în presă.

În anii 1960, psihologul Walter Mischel de la Universitatea Stanford a făcut câteva experimente clasice. Le-a oferit unor copii posibilitatea de a alege: o bezea moale pe loc sau două dacă așteptau cincisprezece minute. El susține că subiecții care au ales să-și amâne recompensa au devenit adulți mai fericiți și mai împliniți[17]. Este o metaforă potrivită pentru dilema cu care se confruntă națiunile azi. Dacă e prioritizată răsplata pe termen scurt – satisfacția imediată –, atunci bunăstarea generațiilor viitoare este amenințată. Orizontul de planificare pentru infrastructură și pentru politicile de mediu

trebuie să fie extins cu cincizeci de ani sau mai mulți în viitor. Dacă îți pasă de generațiile viitoare, nu este etic să nu acorzi beneficiilor (și dezavantajelor sau pierderilor) din viitor aceeași importanță pe care ai acorda-o dacă ai fi un dezvoltator imobiliar ce proiectează o clădire de birouri. Iar această importanță este un factor crucial în dezbaterea privind politica de mediu.

Mulți încă speră că civilizația noastră poate face treptat tranziția către un viitor al emisiilor scăzute de dioxid de carbon. Dar politicienii nu vor câștiga prea mulți susținători cu o abordare tranșantă ce presupune o schimbare nepopulară a stilului de viață – mai ales dacă beneficiile apar târziu, peste câteva decenii. Firește, e mai ușor să atragi sprijin pentru adaptarea la schimbările climatice decât pentru atenuarea lor, pentru că beneficiile celei dintâi sunt mai mari la nivel local. De pildă, guvernul din Cuba, ale cărei zone de coastă sunt deosebit de vulnerabile la uragane și la creșterea nivelului mării, a întocmit un plan meticulos care se întinde pe un secol[18].

Cu toate acestea, trei măsuri care ar putea atenua schimbarea climatică par realiste din punct de vedere politic – de fapt, sunt aproape la fel de avantajoase pentru toate părțile implicate.

În primul rând, toate țările și-ar putea îmbunătăți eficiența energetică, economisind astfel bani. Ar putea exista stimulente pentru proiectarea unor clădiri mai „verzi". Nu este vorba doar despre îmbunătățirea izolațiilor, ci și de regândirea construcțiilor. Spre exemplu, când e demolată o clădire, unele dintre elementele sale – grinzile de oțel și conductele de plastic, să spunem – nu sunt, probabil, foarte deteriorate și ar putea fi refolosite. De asemenea, grinzile ar putea fi proiectate mai inteligent de la bun început, încât să fie la fel de rezistente, dar să aibă o greutate inferioară, făcându-se astfel economie de oțel. Este ilustrat în felul acesta un concept care devine tot mai popular: cel al economiei circulare – al cărei scop este să reciclăm cât mai mult material posibil[19].

Deseori, progresele tehnologice conduc la aparate de uz casnic mai eficiente. Ar avea sens să le aruncăm pe cele vechi, dar numai dacă creșterea eficienței compensează cel puțin costul suplimentar al producerii variantei îmbunătățite. Aparatele și vehiculele ar putea fi proiectate mai modular, astfel încât să poată fi îmbunătățite rapid prin înlocuirea unor componente și să nu mai fie aruncate. Vehiculele electrice ar putea fi încurajate – și ar putea

predomina până în 2040. Această tranziţie ar reduce poluarea (şi zgomotul) în oraşe. Dar efectul ei asupra nivelului de CO_2 depinde, desigur, de sursa electricităţii pentru încărcarea bateriilor.

Măsurile eficiente necesită o schimbare de mentalitate. Trebuie să preţuim lucrurile trainice – şi să le cerem producătorilor şi comercianţilor să pună accentul pe durabilitate. Trebuie mai curând să reparăm şi să îmbunătăţim decât să înlocuim. Sau să ne lipsim de anumite lucruri. Reducerile simbolice ne pot face să ne simţim virtuoşi, dar nu vor fi suficiente – dacă toţi vom face numai câte puţin, puţin vom şi realiza.

A doua politică avantajoasă pentru toate părţile implicate ar fi să reducem emisiile de metan, carbon pur şi CFC. Acestea contribuie şi ele la efectul de seră. Dar, spre deosebire de CO_2, produc şi poluare locală – în oraşele din China, de pildă –, aşa că există un motiv mai puternic de a le reduce. (În ţările europene, efortul de a reduce poluarea porneşte cu un handicap. În anii 1990, exista o presiune în favoarea maşinilor cu motor Diesel datorită economiei lor sporite de combustibil. Această presiune este combătută astăzi, pentru că ele emit microparticule poluante care pun în pericol traiul sănătos în oraşe.)

Dar a treia măsură este cea mai importantă. Națiunile ar trebui să extindă Cercetarea și Dezvoltarea (R&D) la toate formele de producere de energie cu conținut scăzut de carbon (regenerabilă, nucleară de a patra generație, de fuziune etc.) și la alte tehnologii al căror progres în paralel este esențial – în special stocarea și rețelele inteligente. De aceea, una dintre urmările încurajatoare ale conferinței din 2015 de la Paris a fost o inițiativă numită Mission Innovation. A fost lansată de președintele Obama și de prim-ministrul indian Narendra Modi și sprijinită de toate țările G7, la care s-au adăugat India, China și alte unsprezece națiuni. Există speranțe că acestea vor dubla fondurile publice pentru R&D în domeniul energiei curate până în 2020 și-și vor coordona eforturile. Această țintă este modestă. În prezent, doar 2% din fondurile publice pentru R&D sunt alocate acestor provocări. De ce n-ar fi acest procentaj la fel de mare ca al bugetelor de cercetare din domeniul medicinei și apărării? Bill Gates și alți filantropi privați și-au luat un angajament similar.

Impedimentul care stă în calea „decarbonizării" economiei globale este că energia regenerabilă încă e costisitor de produs. Cu cât aceste tehnologii „curate" vor avansa mai rapid, cu atât prețurile lor

vor scădea mai curând, în aşa fel încât vor deveni accesibile pentru ţările în curs de dezvoltare, unde va fi necesară o capacitate mai mare de producţie, sănătatea celor săraci fiind pusă în pericol de sobele pe lemn sau bălegar, şi unde, altfel, ar trebui să se construiască centrale electrice pe cărbune.

Soarele furnizează de 5.000 de ori mai multă energie suprafeţei Pământului decât cererea umană totală de energie. Străluceşte cu o intensitate sporită în Asia şi Africa, unde se preconizează că şi cererea de energie va creşte cel mai rapid. Spre deosebire de combustibilii fosili, energia solară nu poluează şi nu ucide mineri. Spre deosebire de fisiunea nucleară, nu lasă în urmă deşeuri radioactive. Energia solară este deja competitivă pentru miile de sate din Africa şi India care nu sunt conectate la reţea. Dar, la o scară mai largă, rămâne mai scumpă decât combustibilii fosili, devenind viabilă din punct de vedere economic doar datorită subvenţiilor şi tarifelor fixe. Or, la un moment dat, aceste subvenţii vor trebui să înceteze.

Dacă soarele (sau vântul) va deveni sursa noastră principală de energie, va trebui să găsim o modalitate prin care să o înmagazinăm, astfel încât să existe rezerve pe timpul nopţii sau în zilele în

care nu bate vântul. Deja există investiții serioase în îmbunătățirea bateriilor și sporirea capacității lor. La sfârșitul lui 2017, compania SolarCity a lui Elon Musk a instalat o rețea de acumulatori litiu-ion cu o capacitate de 100 de megawați undeva în sudul Australiei. Mai există și alte posibilități de înmagazinare, precum stocarea termică, condensatoarele, aerul comprimat, volanții, sarea topită, hidroenergie acumulată prin pompare și hidrogenul.

Tranziția spre vehiculele electrice a dat un imbold tehnologiei bateriilor (cerințele pentru bateriile auto sunt mai mari decât pentru cele de uz casnic sau din bancurile de baterii, din punctul de vedere al greutății și al vitezei de reîncărcare). Vom avea nevoie de rețele de înaltă tensiune în curent continuu (ITCC) care să transporte eficient energia electrică la distanțe mari. Pe termen lung, aceste rețele ar trebui să fie transcontinentale – transportând energia solară din Africa de Nord și Spania în mai puțin însorita Europă de Nord și de la est la vest, pentru a face față cererii mai mari din diferite zone din America de Nord și Eurasia.

Cu greu ne putem imagina o provocare mai incitantă pentru tinerii ingineri decât proiectarea sistemelor de energie curată la nivel mondial.

Alte metode de producere a energiei în afară de cele bazate pe soare și vânt au anumite nișe geografice. Energia geotermală e ușor disponibilă în Islanda; energia valurilor este utilizabilă, dar, firește, la fel de inconstantă precum vântul. Valorificarea energiei mareei pare atractivă – fluxul și refluxul sunt previzibile –, dar nu e promițătoare, cu excepția câtorva locuri unde topografia duce la o amplitudine deosebită a mareei. Coasta de vest a Marii Britanii, cu o amplitudine a mareei de până la 15 metri, este unul dintre aceste locuri și s-au realizat deja studii de fezabilitate pentru modul în care turbinele ar putea extrage energie din curenții rapizi produși de maree în jurul unor capuri și promontorii. Un baraj construit de la un capăt la altul al vastului estuar al râului Severn ar putea genera energie cât mai multe centrale nucleare la un loc. Dar această propunere rămâne controversată din cauza preocupărilor legate de impactul său ecologic. Un proiect alternativ implică lagune mareice create prin construirea unor diguri ce închid zone maritime de câțiva kilometri lățime. Diferența dintre nivelul interior și cel exterior al apei mării este folosită pentru a alimenta turbinele. Aceste lagune se caracterizează prin faptul

că investiția cea mai importantă se face în terasamente durabile de tip tradițional, care s-ar putea amortiza în secole întregi.

Previziunile actuale sugerează că ar mai putea trece câteva decenii până când sursele de energie curată ne vor acoperi toate nevoile, mai ales în țările în curs de dezvoltare. Dacă, de pildă, energia solară și înmagazinarea prin hidrogen și baterii se vor dovedi inadecvate (acum acestea par cele mai bune soluții), atunci vom avea nevoie de un plan de rezervă la mijlocul secolului XXI. Energia gazelor ar fi acceptabilă dacă s-ar combina cu sechestrarea carbonului (captarea și stocarea carbonului, CSC), în care CO_2 este extras din gazele reziduale la centralele electrice și apoi e transportat și stocat permanent în subteran.

Unii susțin că ar fi avantajos să reducem efectiv concentrația de CO_2 la nivelul ei preindustrial – nu numai să oprim emisiile viitoare de la centralele electrice, ci și să „reabsorbim" emisiile din ultimul secol. Argumentele în acest sens nu sunt evidente. Nu există nimic „optim" în ceea ce privește clima secolului XX: nociv este îndeosebi faptul că viteza antropogenică a schimbării a fost mai mare decât a schimbărilor naturale din trecut, adaptarea fiind astfel mai grea atât pentru noi, cât

și pentru lumea naturală. Dar dacă această reducere merită osteneala, există două moduri de a o realiza. Unul este extragerea directă de CO_2 din atmosferă; acest lucru este posibil, dar ineficient, deoarece CO_2 reprezintă doar 0,02% din aer. O altă tehnică ar fi culturile, care absorb, desigur, CO_2 din atmosferă, pe care să le folosim ca biocombustibili și apoi să captăm (și să stocăm în subteran) dioxidul de carbon care este reemis în centralele electrice atunci când sunt arși. Acest lucru este benefic în principiu, dar problematic din pricina suprafeței de teren necesare pentru a cultiva biocombustibilii (teren care altminteri ar fi disponibil pentru agricultură sau ar putea fi conservat ca pădure naturală) și pentru că sechestrarea a miliarde de tone de CO_2 nu este un procedeu direct. O variantă mai avansată tehnologic ar fi folosirea unor „frunze artificiale" pentru a încorpora CO_2 direct în combustibil.

Care este rolul energiei nucleare? Eu unul aș fi de acord ca Marea Britanie și Statele Unite să mai construiască o serie de centrale nucleare de nouă generație. Dar pericolele unui accident nuclear, chiar dacă acesta e improbabil, provoacă neliniște; opinia publică și cea politică sunt volatile. După dezastrul de la Fukushima Daiichi din 2011,

ostilitatea față de energia nucleară s-a manifestat nu numai (deloc surprinzător) în Japonia, ci și în Germania. Mai mult, un program mondial de energie nucleară nu poate atrage susținere atât timp cât nu se înființează și „bănci" de combustibil reglementate internațional care să asigure uraniu îmbogățit și să îndepărteze și stocheze deșeurile. În plus, ar trebui să existe un protocol strict de securitate pentru a preveni riscurile, asemănător cu cel al asigurărilor cu grad mare de risc din transporturile aeriene, și un acord ferm de neproliferare pentru a împiedica direcționarea materialului radioactiv spre producția de armament.

În ciuda ambivalenței legate de extinderea energiei nucleare, e necesar să ducem R&D spre o varietate de concepte de a patra generație, care s-ar putea dovedi mai flexibile din perspectiva dimensiunilor și mai sigure. Această industrie a fost relativ inactivă în ultimii douăzeci de ani și proiectele actuale datează din anii 1960 sau chiar de mai devreme. În special, merită să studiem economia reactoarelor modulare mici, standardizate, care ar putea fi construite în număr mare și sunt suficient de mici pentru a fi asamblate într-o fabrică înainte de a fi transportate la locația finală. Mai mult,

anumite proiecte din anii 1960 ar trebui reconsiderate – în special reactorul pe bază de toriu, care prezintă avantajul că toriul este mai răspândit în scoarţa terestră decât uraniul şi, de asemenea, produce mai puţine deşeuri toxice.

Tentativele de a utiliza fuziunea nucleară – procesul care alimentează Soarele – datează încă din anii 1950, dar, din păcate, s-au soldat doar cu eşecuri; energia va fi obţinută prin fuziune în scop comercial abia peste cel puţin treizeci de ani. Provocarea constă în folosirea forţelor magnetice pentru a izola gazul la o temperatură de milioane de grade – la fel de mare ca în centrul Soarelui – şi în fabricarea unor materiale pentru învelişul reactorului care să poată rezista unei iradieri prelungite. În ciuda costului, potenţialele beneficii ale fuziunii sunt atât de mari încât merită să realizăm în continuare experimente şi prototipuri. Cel mai semnificativ efort în acest sens este Reactorul Experimental Termonuclear Internaţional (RETI) din Franţa. Proiecte similare, dar la scară mai mică se desfăşoară în Coreea, Marea Britanie şi SUA. Un concept alternativ, în care razele convergente ale unor lasere imense încălzesc până la implozie pelete minuscule de deuteriu, este studiat la

Laboratorul Național Lawrence Livermore din SUA, dar National Ignition Facility este în principal un proiect de apărare care va furniza substitute la scară de laborator pentru testele cu bombe cu hidrogen; promisiunea obținerii energiei prin fuziune e un paravan politic.

„Elementul de panică" și sentimentul de neajutorare exagerează teama publicului de radiație. Drept urmare, toate proiectele de fisiune și fuziune sunt blocate de grija disproporționată față de niveluri chiar și foarte scăzute de radiație.

Tsunamiul japonez din 2011 a luat 30.000 de vieți, în special prin înec. A distrus de asemenea centralele nucleare Fukushima Daiichi, care nu erau protejate adecvat împotriva unui val înalt de 15 metri și nu fuseseră bine proiectate (de pildă, generatoarele de urgență erau amplasate foarte jos și nu au putut porni din cauza inundației). În consecință, materialele radioactive s-au scurs și s-au împrăștiat. Satele din împrejurimi au fost evacuate într-o manieră necoordonată – inițial, doar cele aflate pe o rază de trei kilometri de centralele nucleare, apoi cele de pe o rază de douăzeci de kilometri, apoi de treizeci – și neluând în considerare cum se cuvine modul asimetric în care vântul răspândea contaminarea. Unii dintre cei evacuați

au fost nevoiți să se mute de trei ori. Iar unele sate au rămas nelocuite, cu urmări devastatoare pentru viețile celor care trăiau acolo dintotdeauna. Într-adevăr, trauma mentală și alte probleme de sănătate, precum diabetul, s-au dovedit mai debilitante decât riscul iradierii. Mulți sinistrați, în special cei de vârsta a treia, ar fi dispuși să accepte un risc considerabil mai mare de cancer în schimbul libertății de a-și duce traiul într-un mediu familiar. Ar trebui să aibă această opțiune. (Tot așa, evacuările în masă după dezastrul de la Cernobîl n-au fost neapărat în interesul celor strămutați.)

Avertismentele dure cu privire la pericolele radiației de nivel scăzut au un efect negativ asupra întregii economii a energiei nucleare. După scoaterea din uz a reactorului experimental cu neutroni rapizi de la Dounreay, în nordul Scoției, miliarde de lire sunt cheltuite pe o „curățenie provizorie" de acum până în anii 2030, urmate de alte cheltuieli, zeci de ani după aceea. Pentru secolul următor a fost alocat un buget de aproape 100 de miliarde de lire pentru ca instalațiile nucleare Sellafield din Anglia să revedină „teren viran". O altă preocupare strategică este următoarea: dacă centrul unui oraș ar fi atacat cu o „bombă murdară" (o explozie chimică convențională contaminată cu material radioactiv),

ar fi nevoie de o formă de evacuare. Dar, la fel ca la Fukushima, planurile de evacuare actuale ar produce o reacție nejustificat de drastică, atât în ceea ce privește proporțiile, cât și durata evacuării. Perioada imediat următoare unui incident nuclear nu este momentul optim pentru o dezbatere echilibrată. Iată de ce acest subiect necesită acum o nouă evaluare și diseminarea pe scară largă a unor instrucțiuni clare și adecvate.

*

Ce se va întâmpla cu adevărat pe frontul climatic? Bănuiala mea pesimistă e că eforturile politice pentru decarbonizarea producției de energie nu vor atrage susținere și că, din păcate, concentrația de CO_2 din atmosferă va crește într-un ritm accelerat în următorii douăzeci de ani, chiar dacă angajamentele de la Paris vor fi onorate. Dar până atunci vom ști mult mai sigur – pornind de la o bază de date colectate pe o perioadă mai lungă și de la reprezentări mai bune – cât de puternică este retroacțiunea produsă de vaporii de apă și de nori. Dacă „sensibilitatea climatică" este scăzută, ne vom relaxa. Dar dacă este crescută și, în consecință,

clima pare să fie pe o traiectorie ireversibilă pe un tărâm periculos (urmând cel mai pesimist scenariu de creștere a temperaturii din al cincilea raport CISC), atunci ar putea exista o presiune pentru adoptarea unor „măsuri de panică". Acest lucru ar putea implica un „plan B" – să fim fataliști în privința continuării dependenței de combustibili fosili, dar să combatem efectele eliberării de CO_2 în atmosferă printr-o investiție masivă în captarea și stocarea carbonului la centralele electrice alimentate numai cu combustibili fosili.

O măsură mai controversată ar fi controlarea activă a climei prin geoinginerie[20]. Așa-numitul „efect de seră" ar putea fi contracarat prin (de exemplu) plasarea unor aerosoli reflectorizanți în straturile superioare ale atmosferei sau chiar a unor uriașe „parasolare" în spațiu. Pare fezabil să plasăm suficiente materiale în stratosferă pentru a schimba clima planetei – de fapt, ceea ce dă fiori e că acest lucru ar putea fi realizat cu resursele unei singure națiuni sau poate chiar ale unei singure corporații. Problemele politice ale unei asemenea geoinginerii ar putea fi copleșitoare. Ar putea apărea efecte secundare nedorite. Mai mult, încălzirea s-ar relua cu forțe sporite dacă am abandona contramăsurile și nu am ține sub control

celelalte consecințe ale creșterii nivelului de CO_2 (mai ales efectele nocive ale acidificării oceanelor).

Geoingineria de acest tip ar fi un adevărat coșmar politic; nu toate națiunile ar dori să ajusteze termostatul în același fel. Ar fi necesară o analiză foarte elaborată a climei pentru a calcula impactul regional al oricărei intervenții artificiale. Pentru avocați ar fi o mină de aur dacă vremea rea ar putea fi pusă pe seama unui individ sau unei națiuni! (Trebuie observat totuși că un alt tip de remediu – extragerea directă de CO_2 din atmosferă – n-ar trezi neliniști. În prezent aceasta nu pare fezabilă din punct de vedere economic, dar nu i se poate reproșa nimic, pentru că doar ar anula efectele geoinginerieiei practicate de oameni prin arderea combustibililor fosili.)

În ciuda caracteristicilor sale neatrăgătoare, geoingineria merită explorată pentru a clarifica opțiunile valide și, poate, pentru a potoli optimismul nefondat cu privire la o „soluție rapidă" tehnică pentru climă. Ar fi, de asemenea, înțelept să rezolvăm chestiunile complexe de guvernanță pe care le ridică – și să ne asigurăm că ele sunt clarificate înainte ca schimbarea climatică să devină atât de gravă, încât să fim presați să acționăm de urgență.

Așa cum am subliniat în introducere, aceasta este prima epocă în care umanitatea poate afecta întregul habitat al planetei: clima, biosfera și resursele naturale. Schimbările se petrec în câteva decenii. Acest ritm este mult mai rapid decât cel al schimbărilor naturale care s-au produs în trecutul geologic; pe de altă parte, e destul de lent încât să ne ofere, colectiv sau la nivel național, timp să planificăm un răspuns – să atenuăm schimbările climatice sau să ne adaptăm la ele și să ne modificăm stilul de viață. Asemenea ajustări sunt posibile în principiu – deși o temă deprimantă ce străbate această carte este decalajul dintre ceea ce e de dorit din punct de vedere tehnic și ceea ce se întâmplă în realitate.

Ar trebui să fim evangheliștii noilor tehnologii – fără ele, ne-ar lipsi multe dintre lucrurile datorită cărora ducem o viață mai bună decât generațiile anterioare. Fără tehnologie, planeta nu poate asigura hrană și energie sustenabilă unei populații în creștere și cu tot mai multe nevoi. Dar ea trebuie folosită cu înțelepciune. Sistemele de energie regenerabilă, progresele medicale și producția tehnologizată de hrană (carnea artificială și altele) sunt obiective înțelepte; tehnicile de geoinginerie, probabil că nu.

Cu toate acestea, inovațiile științifice și tehnice se pot produce atât de rapid și într-un mod atât de imprevizibil, încât s-ar putea să nu le facem față cum se cuvine; va fi o provocare să le valorificăm beneficiile și să le evităm totodată inconvenientele. Tensiunile dintre promisiunile și pericolele noilor tehnologii constituie tema capitolelor următoare.

2. Viitorul omenirii pe Pământ

2.1. Biotehnologia

Robert Boyle este cunoscut în prezent mai ales pentru „Legea lui Boyle" referitoare la presiunea și volumul gazelor. A fost unul dintre „gentlemenii ingenioși și curioși" care, în 1660, au înființat Royal Society din Londra, care este astăzi academia de științe a Regatului Unit. Acești bărbați (întrucât nu existau femei printre ei) s-ar fi autointitulat „filosofi naturali" (termenul „om de știință" a apărut abia în secolul al XIX-lea); potrivit lui Francis Bacon, ale cărui lucrări i-au influențat profund, erau „negustori de lumină", căutând cunoașterea ca scop în sine, însă erau totodată și oameni practici, implicați în problemele epocii lor, urmărind (ca să-l citez pe Bacon din nou) „ușurarea condiției omului".

Boyle a fost o persoană enciclopedică. După ce a murit în 1691, printre hârtiile sale a fost găsită o notiță scrisă de mână, conținând o „listă de dorințe" cu invenții care ar fi utile omenirii[1]. În limbajul său pitoresc, a anticipat unele progrese ce deja au fost realizate în ziua de azi, dar și unele care, după trei secole, încă ne scapă. Iată o parte din lista sa:

Prelungirea vieții.
Recăpătarea tinereții, sau cel puțin a câtorva semne ale acesteia, cum ar fi dinți noi, păr nou, colorat ca în tinerețe
Arta de a zbura
Arta de a sta mult sub apă și de a îndeplini funcții în mod liber acolo
Putere uriașă și agilitate a corpului exemplificată de cea a epilepticilor maniaci și a persoanelor isterice
Accelerarea producerii lucrurilor din semințe
Crearea de lentile parabolice și hiperbolice
Modul practic și sigur de a găsi longitudinile
Medicamente puternice care să modifice sau să dezvolte imaginația, starea de veghe, memoria și alte funcții, care să domolească durerea, să asigure un somn liniștit, vise plăcute etc.

O lumină permanentă
Transmutația speciilor în minerale, animale și vegetale
Atingerea unor dimensiuni gigantice
Eliberarea de nevoia de mult somn, exemplificată de efectele ceaiului și de ceea ce li se întâmplă oamenilor nebuni, precum și de stimulentele care te țin treaz[2].

Orice individ din secolul lui Boyle, al XVII-lea, ar fi uimit de lumea modernă – în mult mai mare măsură decât ar fi fost uimit un roman de lumea lui Boyle. În plus, numeroase schimbări încă se produc în ritm accelerat. Noile tehnologii – biotehnologia, tehnologia cibernetică și IA – vor provoca schimbări greu de anticipat chiar și cu un deceniu înainte. Aceste tehnologii ar putea oferi noi soluții pentru crizele ce amenință lumea noastră suprapopulată; pe de altă parte, ar putea da naștere unor vulnerabilități care ne-ar crea și mai multe dificultăți pe parcursul acestui secol. Progresul ulterior va depinde de descoperirile care vin direct din laboratoarele de cercetare, astfel încât viteza lui este extrem de greu de prezis – spre deosebire, de exemplu, de puterea nucleară, care este bazată

pe fizica secolului XX, și de transformările din secolul al XIX-lea produse de aburi și electricitate.

O tendință importantă în biotehnologie a fost scăderea abruptă a costului secvențierii genomului. „Prima schițare a hărții genomului uman" a implicat echipe mari de oameni de știință și costuri majore – un proiect internațional cu un buget de trei miliarde de dolari. Finalizarea sa a fost anunțată la o conferință de presă la Casa Albă în iunie 2000. Dar până în 2018 costul a scăzut sub 1.000 de dolari. În curând secvențierea genomului va fi ceva uzual pentru noi toți, ceea ce ridică întrebarea dacă vrem într-adevăr să știm dacă suntem purtătorii genelor care ne predispun la anumite boli[3].

Acum există însă un progres paralel cu acesta – capacitatea mai rapidă și mai ieftină de a *sintetiza* genomuri. Încă din 2004, virusul poliomielitei a fost sintetizat – fapt ce prevestea evenimentele viitoare. În 2018, tehnica este mult mai avansată. De fapt, biotehnologul și omul de afaceri american Craig Venter dezvoltă un sintetizator genetic care e practic o imprimantă 3D pentru coduri genetice. Chiar dacă acesta poate reproduce numai genomuri simple, ar putea avea aplicații variate. „Codul" pentru un vaccin ar putea fi transmis

electronic în lumea întreagă, permiţând distribuirea globală imediată a unui vaccin creat pentru a combate o nouă epidemie.

Oamenii sunt de obicei tulburaţi de inovaţiile care par a fi „contra naturii" şi prezintă riscuri. Vaccinările şi transplanturile de inimă, de pildă, au stârnit controverse în trecut. Mai recent, opinia publică s-a arătat îngrijorată în legătură cu cercetarea embrionilor, transplanturile mitocondriale şi celulele stem. Am urmărit cu atenţie dezbaterea din Marea Britanie premergătoare legislaţiei ce permite experimentele pe embrioni de până la paisprezece zile. Dezbaterea a fost bine condusă, fiind caracterizată de un schimb de replici constructiv între cercetători, parlamentari şi publicul larg. A existat opoziţie din partea Bisericii Catolice, unii dintre reprezentanţii săi punând în circulaţie broşuri ce înfăţişau un embrion de paisprezece zile sub forma unui „homunculus" structurat. Oamenii de ştiinţă au subliniat pe bună dreptate cât de înşelătoare era această imagine; un embrion într-un stadiu atât de timpuriu este, de fapt, un grup de celule microscopic şi încă nediferenţiat. Dar opozanţii mai experimentaţi replicau: „Ştiu asta, dar tot este sacru" – iar ştiinţa nu poate oferi niciun contraargument la această credinţă.

În schimb, dezbaterea privind culturile și animalele modificate genetic (MG) nu a fost gestionată la fel de bine în Marea Britanie. Încă dinainte să înceapă cu adevărat dezbaterea publică, a existat un conflict între Monsanto, o imensă corporație agrochimică, și ecologiști. Monsanto a fost acuzată că îi exploata pe fermierii din țările în curs de dezvoltare cerându-le să achiziționeze semințe anual. Publicul larg a fost influențat de o campanie mediatică împotriva „Alimentelor Frankenstein". Am simțit dezgust atunci când am auzit că oamenii de știință ar putea „crea" iepuri care strălucesc în întuneric – o versiune agravată a aversiunii pe care mulți dintre noi o simțim față de exploatarea animalelor de circ. În ciuda faptului că plantele modificate genetic sunt consumate de 300 de milioane de americani timp de un întreg deceniu fără probleme vizibile, ele sunt încă strict controlate în Uniunea Europeană. Și, după cum precizam în secțiunea 1.3, activiștii anti-MG s-au opus să le oferim alimente MG copiilor subnutriți pentru a le combate carențele alimentare. Există însă preocupări reale că diversitatea genetică redusă a unor culturi esențiale (grâu, porumb etc.) ar putea să facă rezerva de hrană a lumii mai vulnerabilă la bolile plantelor.

Noua tehnologie de editare genetică, CRISPR/Cas9, ar putea modifica secvențierea genetică într-o manieră mai acceptabilă decât tehnicile anterioare. CRISPR/Cas9 face mici schimbări în secvențele ADN pentru a suprima genele vătămătoare (sau pentru a le modifica manifestarea). Dar nu „transgresează bariera speciilor". La oameni, această utilizare benefică și necontroversată a editării genetice elimină gene unice care produc bili specifice.

Fertilizarea in vitro (FIV) oferă deja o modalitate mai puțin invazivă decât CRISPR/Cas9 de a înlătura genele dăunătoare. Această procedură permite, după tratamentul hormonal pentru inducerea ovulației, recoltarea mai multor ovule, fertilizarea lor in vitro și dezvoltarea lor până la un stadiu timpuriu. O celulă din fiecare embrion este apoi testată pentru a detecta prezența genei indezirabile, iar un embrion care nu prezintă gena în cauză este implantat pentru o sarcină normală.

În prezent este disponibilă o tehnică diferită care poate înlocui o categorie distinctă de gene defectuoase. O parte din materialul genetic dintr-o celulă se găsește în organitele numite mitocondrii; acestea sunt separate de nucleul celulei. Dacă o genă defectuoasă este mitocondrială, ea poate fi

înlocuită cu mitocondrii de la o altă femeie – ceea ce conduce la „copii cu trei părinți". Această tehnică a fost legalizată de parlamentul Marii Britanii în 2015. Pasul următor ar fi folosirea editării genetice pe ADN-ul din nucleul celulei.

În mintea oamenilor există o distincție clară între intervențiile medicale artificiale care elimină ceva nociv și folosirea unor tehnici similare pentru a obține o „îmbunătățire". Cele mai multe caracteristici (statura, inteligența etc.) sunt determinate de un conglomerat de gene. Abia când va fi disponibil ADN-ul a milioane de oameni vom putea (folosind sisteme de recunoaștere a tiparelor asistate de IA) să identificăm combinația de gene relevantă. Pe termen scurt, aceste date ar putea fi folosite pentru a decide selectarea embrionilor pentru FIV. Dar modificarea sau reproiectarea genomului sunt perspective mai îndepărtate (și, firește, mai riscante și mai nesigure). Numai când va fi posibil acest lucru – iar ADN-ul corespunzător va putea fi secvențiat artificial – vor putea fi concepuți (în ambele sensuri ale cuvântului!) „copii la comandă". În mod interesant, încă nu este clar câți părinți și-ar dori odrasle „îmbunătățite" astfel (în comparație cu editarea monogenică, mai fezabilă,

necesară pentru a înlătura predispozițiile spre anumite boli sau dizabilități). În anii 1980, în California a fost înființat Repository for Germinal Choice pentru a facilita conceperea de „copii la comandă"; era o bancă de spermă, numită și „banca de spermă a Premiului Nobel", având doar donatori de „elită", printre care William Shockley, coinventator al tranzistorului și câștigător al Premiului Nobel, care a dobândit notorietate spre sfârșitul vieții ca susținător al eugeniei. A fost surprins – deși cei mai mulți dintre noi probabil au jubilat – că n-a fost mare cerere.

Progresele din medicină și chirurgie deja realizate – și cele la care ne putem aștepta cu încredere în deceniile următoare – vor fi primite ca o adevărată binecuvântare. Cu toate acestea, ele vor accentua unele probleme etice – mai cu seamă, vor acutiza dilemele legate de tratarea celor aflați la începutul vieții și, respectiv, la sfârșitul ei. O extindere a duratei de viață sănătoase va fi bine-venită. Devine însă problematic decalajul tot mai mare dintre numărul anilor în care ne vom bucura de o bătrânețe sănătoasă și cât mai poate fi prelungită viața după aceea prin măsuri extreme. Mulți dintre noi ar alege neresuscitarea

și tratamentul exclusiv paliativ de îndată ce calitatea vieții și prognosticul în ceea ce ne privește ar coborî sub un anumit prag. Ne înfioară gândul de a fi prinși ani de zile în ghearele unei demențe avansate – secătuind resursele și compasiunea celorlalți. În mod similar, trebuie să ne întrebăm dacă eforturile de a salva copiii născuți extrem de prematur sau cu probleme iremediabile nu au mers prea departe. La sfârșitul lui 2017, de pildă, o echipă de chirurgi din Marea Britanie a încercat – cu multă dăruire – să salveze o fetiță născută cu inima în afara corpului.

Belgia, Olanda, Elveția și câteva state din SUA au legalizat „moartea asistată", permițând astfel unei persoane aflate în deplinătatea facultăților mintale, dar care suferă de o boală terminală, să fie ajutată să moară în pace. Rudele sau medicii și asistenții lor pot efectua procedurile necesare fără a fi amenințați cu urmărirea penală pentru „favorizarea unei sinucideri". Niciun proiect similar nu este încă aprobat de parlamentul Marii Britanii. Obiecțiile au la bază motive religioase fundamentale, opinia că participarea la asemenea fapte contravine eticii medicale și teama că oamenii vulnerabili ar putea să simtă presiunea de a alege această cale din partea familiilor lor sau să se frământe că îi

împovărează pe ceilalți. Inacțiunea persistă în Marea Britanie, cu toate că 80% dintre cetățeni susțin „moartea asistată". Personal, o spun cu hotărâre, fac parte din cei 80%. Gândul că această opțiune este disponibilă i-ar alina pe mult mai mulți decât cei care ar recurge efectiv la ea. Medicina și chirurgia moderne sunt, desigur, benefice pentru cei mai mulți dintre noi, în cea mai mare parte a vieții noastre, și putem să ne așteptăm la progrese suplimentare în deceniile următoare, care pot prelungi viața sănătoasă. Cu toate acestea, mă aștept (și sper) ca presiunea în favoarea legalizării eutanasiei în condiții reglementate să crească.

O altă consecință a progreselor medicale este estomparea tranziției de la viață la moarte. Moartea este definită acum în mod normal drept „moartea cerebrală" – stadiul în care dispar toate semnele activității cerebrale ce pot fi măsurate. Acesta este criteriul folosit de chirurgii ce efectuează transplanturi atunci când decid că pot să „recolteze" în mod adecvat organele dintr-un corp. Dar limita se estompează și mai mult ca urmare a sugestiilor ca inima să fie repornită în mod artificial după „moartea cerebrală", doar pentru a păstra „proaspete" organele vizate mai mult timp. Acest lucru sporește și mai mult ambiguitatea morală a chirurgiei de

transplant. Deja există „agenți" care-i îndeamnă pe locuitorii din Bangladesh ajunși la sapă de lemn să-și vândă un rinichi sau alt organ, care le va fi revândut cu un preț imens beneficiarilor înstăriți. Și am văzut cu toții la televizor imagini tulburătoare cu mama unui copil bolnav care declara că e „disperată după un donator" – disperată, altfel spus, ca un alt copil să moară, poate într-un accident fatal, pentru a furniza organul necesar. Aceste ambiguități morale, împreună cu insuficiența donatorilor de organe, vor continua (și chiar se vor agrava) până când xenotransplantarea – recoltarea organelor pentru uz uman de la porci sau alte animale – va deveni o tehnică de rutină și sigură. Și mai bine ar fi (deși această idee este mai futuristă) dacă niște tehnici asemănătoare celor dezvoltate pentru fabricarea cărnii artificiale ar putea permite imprimarea 3D a organelor de substituție. Aceste progrese ar trebui prioritizate.

Progresele din microbiologie – diagnosticare, vaccinuri și antibiotice – oferă perspective de întărire a sănătății, de control al bolilor și de restrângere a pandemiilor. Dar aceste beneficii au declanșat un „contraatac" periculos al patogenilor înșiși. Există preocupări legate de rezistența la antibiotice, pentru

că bacteriile evoluează (printr-o selecție darwinistă accelerată) și devin imune la antibioticele folosite pentru a le suprima. Acest lucru a condus, de exemplu, la reapariția tuberculozei (TBC). Dacă nu sunt create noi antibiotice, riscul unor infecții postoperatorii intratabile (de exemplu) va atinge nivelul de acum un secol. Pe termen scurt, este urgent să prevenim folosirea excesivă a antibioticelor – de pildă, în cazul vitelor din SUA – și să stimulăm dezvoltarea unor noi antibiotice, deși sunt mai puțin profitabile pentru companiile farmaceutice decât medicamentele ce țin sub control afecțiunile cronice.

Chiar și studiile privind virusurile, efectuate în speranța dezvoltării unor vaccinuri mai eficiente, comportă aspecte controversate. Bunăoară, în 2011, două grupuri de cercetare, unul în Olanda și altul în Wisconsin, au arătat că era surprinzător de ușor să facă virusul gripei H5N1 deopotrivă mai virulent și mai transmisibil – în opoziție cu tendința naturală a acestor două caracteristici de a nu fi corelate. Justificarea invocată în favoarea acestor experimente era aceea că, dacă ne menținem cu un pas înaintea mutațiilor naturale, ne va fi mai ușor să pregătim la timp vaccinuri. Dar pentru mulți acest beneficiu

cântărea mai puțin decât riscurile mărite de eliberare involuntară a virusurilor periculoase și de diseminare mai largă a unor tehnici potențial utile bioteroriștilor. În 2014, guvernul federal american a sistat fondurile pentru așa-numitele experimente cu mutații – dar în 2017 această interdicție a devenit mai laxă. În 2018 a fost publicat un articol care semnala sintetizarea virusului „variolei cailor" și lasă să se înțeleagă că un virus al variolei ar putea fi sintetizat în mod asemănător[4]. Unii au pus sub semnul întrebării justificarea acestei cercetări, efectuată de un grup din Edmonton, Alberta, pentru că un virus inofensiv al variolei există deja și e depozitat; alții au susținut că, deși cercetarea putea fi justificată, publicarea ei a fost o greșeală.

Cum am mai spus, experimentele care folosesc tehnicile CRISPR/Cas9 pe embrioni umani generează dileme etice. Iar progresul accelerat al biotehnologiei va aduce cu sine noi cazuri în care vor exista temeri legate de siguranța experimentelor, de diseminarea „datelor periculoase" și de etica folosirii lor. Procedurile care afectează nu numai individul, ci și urmașii săi – modificând linia germinală – sunt neliniștitoare. A existat, bunăoară, o tentativă, reușită în proporție de 90%, de a steriliza și a eradica astfel specia de țânțari care răspândește

tulpinile virusurilor Dengue și Zika. În Marea Britanie, o tehnică de editare genetică a fost invocată pentru a elimina veverița gri – considerată un „dăunător" care amenință varietatea roșie mai drăguță. (O tactică mai blândă este de a modifica genetic veverița roșie astfel încât să poată rezista parapoxvirusului care este răspândit de veveriţele gri.) Tehnici similare sunt propuse pentru a prezerva ecologia unică a Insulelor Galapagos prin eliminarea speciilor invazive – mai ales a șobolanilor negri. Trebuie notat însă că într-o carte recentă, *Inheritors of the Earth* (Moștenitorii Pământului), Chris Thomas, un ecologist distins, argumentează că răspândirea speciilor poate avea deseori un impact pozitiv în ceea ce privește asigurarea unei ecologii mai variate și mai robuste[5].

În 1975, la începuturile cercetării ADN-ului recombinant, un grup de biologi moleculari de seamă s-au întâlnit la centrul de conferințe Asilomar Conference Grounds din Pacific Grove, California, și s-au pus de acord asupra normelor care să determine ce experimente ar trebui făcute și ce experimente ar trebui evitate. Acest precedent aparent încurajator a stat la baza mai multor întruniri, convocate de academii naționale, pentru a dezbate evoluțiile recente în același spirit. Dar azi, după

mai bine de patruzeci de ani de la prima conferință Asilomar, comunitatea cercetătorilor este în mult mai mare măsură internațională și mai sensibilă la presiunile comerciale. Mă tem că orice reguli ar fi impuse, pe temeiuri etice sau legate de prudență, ele nu ar putea fi aplicate la nivel mondial – la fel cum nu pot fi aplicate la nivel mondial legile privind drogurile sau impozitarea. Orice se poate face va fi făcut de cineva, undeva. Și acest lucru e un coșmar. Spre deosebire de echipamentul specializat, elaborat și ostentativ, necesar pentru a crea o armă nucleară, biotehnologia are nevoie de un echipament de dimensiuni reduse, care poate fi folosit atât în scopuri militare, cât și civile. Mai mult, biohackingul e tot mai răspândit ca hobby și joc competitiv.

În 2003 eram îngrijorat de aceste pericole și am estimat la 50% probabilitatea de eroare biologică sau de atac biologic terorist care ar duce la moartea unui milion de oameni până în 2020. Am fost surprins de cât de mulți dintre colegii mei credeau că o catastrofă e chiar mai probabilă decât credeam eu. Cu toate acestea, mai recent, psihologul și scriitorul Steven Pinker mi-a acceptat acel pariu, cu o miză de 200 de dolari. E un pariu pe care sper din toată inima să-l pierd, dar nu mi s-a părut

surprinzător că autorul cărții *The Better Angels of Our Nature* (Îngerii mai buni ai naturii)[6] adoptă o perspectivă optimistă. Fascinanta carte a lui Pinker este impregnată de optimism. El citează statistici care arată o tendință descrescătoare satisfăcătoare a violenței și conflictului – declin care a fost mascat de faptul că rețelele globale de știri semnalează numeroase dezastre care nu ar fi fost semnalate anterior. Dar această tendință descendentă ne poate oferi totodată și un fals sentiment de siguranță. În lumea finanțelor, câștigurile și pierderile sunt asimetrice; mulți ani de câștiguri succesive pot fi anulați de o pierdere bruscă. În biotehnologie și pandemii, riscul e dominat de evenimente rare, dar extreme. Mai mult, pentru că știința ne conferă puteri sporite și pentru că lumea noastră este atât de interconectată, magnitudinea celor mai grave catastrofe potențiale a crescut enorm și prea mulți refuză să creadă că ele sunt posibile.

Fiindcă veni vorba, efectul societal negativ al unei pandemii ar fi azi cu mult mai mare decât în secolele anterioare. În Europa, la mijlocul secolului al XIV-lea, satele și-au continuat existența chiar și atunci când Moartea Neagră aproape că le-a înjumătățit populațiile; supraviețuitorii priveau cu fatalism numărul uriaș al victimelor. Dimpotrivă,

sentimentul de îndreptățire e atât de puternic astăzi în țările mai bogate, încât s-ar produce un colaps în ordinea socială în momentul în care spitalele ar fi supraaglomerate, lucrătorii a căror activitate este vitală ar sta acasă și serviciile de sănătate ar fi insuficiente. Acest lucru s-ar putea întâmpla atunci când procentul celor contaminați ar ajunge la 1%. Cu toate acestea, mortalitatea ar fi probabil cea mai ridicată în megaorașele din țările în curs de dezvoltare.

Pandemiile sunt o amenințare naturală mereu prezentă, dar este oare pur și simplu alarmist să atragi atenția asupra riscurilor umane care pot să provină din zona erorii sau terorii biologice? Din nefericire, nu cred acest lucru. Știm prea bine că expertiza tehnică nu garantează o raționalitate echilibrată. Satul global va avea propriii proști ai satului și ei vor avea anvergură globală. Răspândirea unui agent patogen lansat artificial nu poate fi prezisă sau controlată; realizarea acestui fapt descurajează folosirea armelor biologice de către guverne sau chiar de grupuri teroriste cu scopuri specifice bine definite (și de aceea m-am concentrat asupra amenințărilor nucleare și cibernetice în secțiunea 1.2). Așadar, cel mai mare coșmar al meu ar fi existența unui individ „singuratic"

dezechilibrat, cu expertiză biotehnologică, şi care ar crede, de pildă, că pe planetă sunt prea mulţi locuitori şi nu i-ar păsa cine sau câţi ar fi infectaţi. Puterea tot mai mare pe care le-o dau biotehnologia şi cibertehnologia grupurilor (sau chiar indivizilor) cu competenţe în materie de tehnologii moderne va ridica o problemă insolubilă pentru guverne şi va agrava tensiunile dintre libertate, spaţiu privat şi securitate. Cel mai probabil, va exista o deplasare societală spre o mai mare intruziune în viaţa privată. (Într-adevăr, nepăsarea nesăbuită cu care postăm detalii intime pe Facebook şi consimţământul nostru pentru supravegherea video omniprezentă sugerează că o asemenea deplasare ar întâmpina surprinzător de puţină rezistenţă.)

Eroarea şi teroarea biologice sunt posibile în viitorul apropiat – în zece sau în cincisprezece ani. Iar pe termen lung, ele se vor agrava, pentru că va deveni posibil să „proiectăm" şi să sintetizăm virusuri – arma „perfectă" care ar combina caracterul extrem de letal cu transmisibilitatea unei răceli obişnuite.

Ce progrese ne-ar putea aduce biologii în 2050 şi ulterior? Freeman Dyson preconizează o epocă în care copiii vor proiecta şi crea organisme noi la fel cum generaţia sa se juca cu trusa de chimie[7].

Dacă într-o bună zi va deveni posibil să ne „jucăm de-a Dumnezeu pe o masă de bucătărie", ecologia noastră (chiar și specia noastră) s-ar putea să nu mai rămână mult timp nevătămată. Totuși, Dyson nu este biolog; este unul dintre fizicienii teoreticieni de frunte ai secolului XX. Dar, spre deosebire de mulți dintre aceștia, este un gânditor speculativ și atipic – exprimând deseori o tendință contrară. De exemplu, în anii 1950 făcea parte dintr-un grup care explora conceptul speculativ „Proiectul Orion". Scopul grupului era să realizeze călătoria interstelară cu nave spațiale propulsate de explozia unor bombe cu hidrogen (propulsie prin puls nuclear) plasate în spatele vehiculului (protejat corespunzător). Chiar și în 2018, Dyson rămâne sceptic în privința ideii că schimbarea climatică ar cere un răspuns urgent.

Cercetarea privind îmbătrânirea se bucură de prioritate. Vor crește treptat beneficiile sale? Este îmbătrânirea o „boală" care poate fi vindecată? Cercetarea serioasă se concentrează asupra telomerilor, sectoare de ADN de la capătul cromozomilor, care se scurtează pe măsură ce oamenii îmbătrânesc. A devenit posibil să se obțină astfel o creștere de zece ori a duratei de viață a nematozilor, dar

efectul asupra animalelor mai complexe este mai puțin spectaculos. Singura metodă eficientă prin care putem extinde viața șobolanilor este să-i supunem unei diete la limita înfometării. Există însă o viețuitoare respingătoare, șobolanul-cârtiță golaș, care ar putea să ne dea o lecție biologică specială: unii dintre ei trăiesc mai bine de treizeci de ani – de câteva ori mai mult decât durata de viață a altor mamifere mici.

Orice progres major în prelungirea vieții oamenilor ar modifica drastic previziunile cu privire la populație. Efectele sociale – desigur, imense – ar depinde de prelungirea sau nu a anilor de senilitate și de creșterea sau nu a vârstei femeilor la menopauză, odată cu creșterea duratei totale de viață. Dar, pe măsură ce sistemul endocrin uman este tot mai bine înțeles, diferite tipuri de îmbunătățire a vieții prin tratament hormonal ar putea deveni posibile – și un anumit grad de prelungire a vieții ar putea fi unul din rezultatele acestor îmbunătățiri. La fel ca în cazul multor alte dezvoltări tehnologice, cei bogați ar avea prioritate. Iar dorința de a trăi mai mult este atât de puternică, încât creează o piață pentru terapii exotice cu eficacitate netestată. Ambrosia, un start-up lansat

în 2016, oferă directorilor din Silicon Valley o transfuzie de „sânge tânăr". O altă modă recentă a fost metformina, un medicament destinat tratării diabetului, dar despre care se pretinde că ar putea preveni demența și cancerul; alții proslăvesc beneficiile celulelor placentare. Craig Venter deține un start-up numit Human Longevity, care a primit o finanțare inițială de 300 de milioane de dolari. Aceasta merge și mai departe decât 23andMe (firma care analizează genomul nostru suficient de bine pentru a prezenta rezultate interesante despre vulnerabilitatea noastră la anumite boli și despre ascendența noastră). Venter își propune să analizeze genomurile a mii de specii de „microbi" din intestinul nostru. Se consideră (și este foarte plauzibil) că acest „ecosistem" intern ar fi crucial pentru sănătatea noastră.

„Presiunea" din Silicon Valley pentru dobândirea „tinereții fără bătrânețe" are la origine nu numai imensul surplus de bogăție acumulat acolo, ci și faptul că este un loc cu o cultură bazată pe tinerețe. Cei care au depășit vârsta de treizeci de ani deja sunt considerați că „și-au trăit traiul". Futurologul Ray Kurzweil vorbește cu înflăcărare despre atingerea unei „viteze de eliberare" metaforice – atunci

când medicina avansează atât de repede încât speranța de viață crește cu mai mult de un an în fiecare an, oferind astfel o nemurire potențială. Kurzweil înghite peste o sută de suplimente alimentare pe zi, unele obișnuite, altele mai exotice. Dar e îngrijorat că s-ar putea ca „viteza de eliberare" să nu fie atinsă în timpul vieții lui „naturale". În consecință, dorește să-i fie criogenat corpul până când vom ajunge la această nirvana.

Am fost intervievat odată de un grup de fani ai criogeniei, din California, numit „societatea pentru abolirea morții involuntare". Le-am spus că aș prefera să-mi sfârșesc zilele într-un cimitir englezesc, nu într-un frigider californian. M-au persiflat ca pe un „mortist" demodat. Mai târziu, am aflat cu surprindere că trei profesori universitari din Anglia (mă bucur să pot spune că nu de la universitatea mea) s-au înscris pentru criogenare. Doi au plătit pachetul complet, al treilea a ales opțiunea cu preț redus numai pentru înghețarea capului. Contractul l-au făcut cu o companie numită Alcor din Scottsdale, Arizona. Acești colegi sunt suficient de realiști ca să accepte că șansele de înviere ar putea să fie mici, dar remarcă, de asemenea, că fără această investiție, șansele sunt zero. Așa că poartă un medalion

care conține instrucțiuni despre cum să fie înghețați imediat ce vor muri, iar sângele să le fie înlocuit cu azot lichid.

E greu pentru cei mai mulți dintre noi, ca simpli muritori, să luăm această aspirație în serios; mai mult, chiar dacă criogenia ar avea o perspectivă reală de succes, tot nu cred că ar fi o soluție atât de minunată. Dacă Alcor nu va da faliment și va menține refrigerarea și îngrijirea cadavrelor câte secole va fi nevoie, acestea vor fi reanimate într-o lume în care ele ar fi străine – niște refugiați din trecut. Poate că cei readuși la viață vor fi tratați cu indulgență, așa cum simțim că ar trebui să-i tratăm (de pildă) pe imigranții disperați care cer azil sau pe membrii triburilor amazoniene care au fost evacuați din habitatul lor familiar. Dar diferența e că „leșurile reîncălzite" ar împovăra cu bună știință generațiile viitoare, astfel încât nu e clar cât de multă considerație ar merita. Faptul ne amintește de o dilemă similară care s-ar putea să nu fie chiar SF, deși ar trebui să rămână așa: clonarea unui om de Neanderthal. Unul dintre experți (un profesor de la Stanford) a întrebat: „Oare l-am duce într-o grădină zoologică sau l-am trimite la Harvard?".

2.2. Cibertehnologie, robotică şi IA

Celulele, virusurile şi alte microstructuri biologice sunt în esenţa lor nişte „maşini" cu componente la scară moleculară – proteine, ribozomi ş.a.m.d. Progresele spectaculoase pe care le fac calculatoarele se datorează abilităţii tot mai accelerate de a produce componente electronice la scară nano – ceea ce permite obţinerea unor structuri de o complexitate de nivel aproape biologic numite procesoare, care fac să funcţioneze telefoanele inteligente, roboţii şi reţelele de calculatoare.

Datorită acestor progrese înnoitoare, internetul şi aplicaţiile sale au creat cea mai rapidă „penetrare" a noilor tehnologii din istorie – şi cea mai globală. Răspândirea lor în Africa şi China a avut loc mai repede decât au estimat mai toate previziunile „experte". Vieţile noastre s-au transformat datorită bunurilor electronice de consum şi serviciilor online, care au devenit accesibile miliardelor de indivizi. Iar impactul asupra ţărilor în curs de dezvoltare este emblematic pentru modul în care ştiinţa aplicată corespunzător poate transforma regiunile sărace. Internetul de bandă largă, care în curând va acoperi întreaga planetă prin sateliţi cu orbită joasă, baloane

de mare altitudine sau drone alimentate cu energie solară, ar trebui să stimuleze în continuare educația și adoptarea unui sistem de sănătate eficient, a unor metode agricole și a unei tehnologii moderne; chiar și cei mai săraci ar putea să facă astfel saltul la o economie conectată în permanență cu lumea și să se bucure de mediile de socializare online – cu toate că multora dintre aceștia le sunt refuzate în continuare beneficiile unor progrese tehnologice din secolul al XIX-lea, precum serviciile de salubritate adecvate. Locuitorii din Africa pot folosi smartphone-ul ca să acceseze informații cu privire la piață, să facă plăți online etc.; China are cel mai automatizat sistem financiar din lume. Asemenea evoluții aduc un „surplus de consumatori" și generează inițiativă și optimism în țările în curs de dezvoltare. Iar beneficiile au fost amplificate de acele programe eficiente care își propun să elimine unele boli infecțioase, precum malaria. Conform Pew Research Center, 82% dintre chinezi și 76% dintre indieni consideră că le va fi mai bine copiilor lor decât le este lor astăzi.

Indienii au acum un card de identitate electronic care le facilitează accesul la asistența socială. Cardul nu are nevoie de parolă. Modelul vaselor

sangvine din ochii noștri permite folosirea unui soft de „recunoaștere a irisului" – o îmbunătățire substanțială față de recunoașterea amprentelor sau a feței. Sistemul e suficient de precis pentru a identifica fără ambiguitate 1,3 miliarde de indieni. Și e doar o mostră a beneficiilor care pot rezulta din progresele viitoare în domeniul IA.

Recunoașterea vocală, cea facială și aplicațiile similare folosesc o tehnică numită învățare automată generalizată. Aceasta operează într-un mod similar celui în care oamenii își folosesc ochii. Partea „vizuală" a creierului omenesc integrează informația primită de la retină printr-un proces desfășurat în mai multe etape. Straturi succesive de procesare identifică liniile orizontale și verticale, muchiile ascuțite ș.a.m.d.; fiecare strat procesează informația de la un strat „inferior" și transmite apoi rezultatul celelaltor straturi[8].

Conceptele fundamentale ale învățării automate datează din anii 1980; un important precursor a fost anglo-canadianul Geoff Hinton. Dar aplicațiile au luat avânt cu adevărat abia două decenii mai târziu, când acțiunea constantă a legii lui Moore – dublarea vitezei calculatoarelor la fiecare doi ani – a condus la mașini cu viteză de procesare de o mie

de ori mai mare. Calculatoarele folosesc metodele „forței brute". Ele învață să traducă citind milioane de pagini de (bunăoară) documente ale Uniunii Europene în mai multe limbi (nu se plictisesc niciodată!). Ele învață să identifice câini, pisici și fețe omenești procesând milioane de imagini văzute din perspective diferite.

Progrese incitante au fost anunțate de DeepMind, o companie din Londra deținută acum de Google. Cofondatorul și directorul-general al DeepMind, Demis Hassabis, a avut o carieră precoce. La treisprezece ani, s-a clasat al doilea la campionatul mondial de șah la categoria sa. A fost admis la Cambridge la vârsta de cinsprezece ani, dar a amânat să urmeze cursurile facultății vreme de doi ani, timp în care a lucrat la crearea unor jocuri pe calculator: printre acestea, s-a numărat și Theme Park, care s-a bucurat de un enorm succes. După ce a studiat informatica la Cambridge, a inițiat o companie de jocuri pe calculator. Apoi s-a întors în mediul academic și și-a dat doctoratul la University College din Londra, urmat de o cercetare postdoctorală din domeniul neuroștiințelor cognitive. A studiat caracterul memoriei episodice și simularea grupurilor de celule cerebrale umane în mașinile de rețele neuronale.

În 2016, DeepMind a realizat o performanță remarcabilă – computerul său l-a învins pe campionul mondial la go. Această victorie ar putea să nu pară „mare scofală", pentru că au trecut mai bine de douăzeci de ani de când supercomputerul IBM Deep Blue l-a învins pe Garri Kasparov, campionul mondial la șah. Dar a fost o „schimbare a jocului" și în sens colocvial, și în sens literal. Deep Blue fusese programat de jucători experți. Dimpotrivă, mașina AlphaGo și-a dobândit expertiza înglobând un număr imens de jocuri și jucând de una singură. Creatorii săi nu știu cum ia deciziile mașina. Iar în 2017 AlphaGo Zero a mai făcut un pas: i s-au dat doar regulile – fără niciun joc propriu-zis – și ea a învățat totul pornind de la zero, devenind un jucător de talie mondială într-o singură zi. Acest fapt e uimitor. Articolul științific care descrie această performanță se încheia cu observația că

> omenirea și-a acumulat cunoștințele despre go din milioanele de partide jucate de-a lungul a mii de ani, tezaurizate în modele, proverbe și cărți. În decursul a doar câteva zile, pornind de la stadiul de *tabula rasa*, AlphaGo Zero a fost capabilă să redescopere o mare parte a acestor cunoștințe despre go, dar

și strategii novatoare care oferă o nouă perspectivă asupra celui mai vechi dintre jocurile lumii[9].

Folosind tehnici similare, mașina a atins o competență șahistică de nivelul lui Kasparov în câteva ore, fără aportul unui expert, și o măiestrie similară în jocul japonez shogi. Un computer de la Universitatea Carnegie Mellon a învățat să joace la cacealma și să calculeze la fel de bine ca jucătorii profesioniști de poker de top. Dar însuși Kasparov subliniase că, în jocuri precum șahul, oamenii oferă o „plusvaloare" distinctivă și că, în combinație, o persoană și o mașină pot depăși ceea ce poate realiza fiecare separat.

IA își justifică avantajul față de oameni prin capacitatea sa de a analiza mari cantități de date, de a le manipula rapid și de a răspunde unor instrucțiuni complexe. Excelează în optimizarea rețelelor complicate, precum rețeaua electrică sau traficul urban. Când administrarea energiei în cazul marilor sale bănci de date a fost încredințată unei mașini, Google a susținut că a scăzut consumul de energie cu 40%. Dar unele limitări încă mai persistă. Hardware-ul pe care se baza AlphaGo consuma sute de kilowați. În schimb, creierul lui Lee Sedol, adversarul coreean al computerului AlphaGo,

consumă cam treizeci de waţi (cât un bec) şi poate face multe alte lucruri, nu doar să joace go.

Tehnologia senzorilor, recunoaşterea vorbirii, căutarea informaţiilor ş.a.m.d. avansează rapid. La fel (chiar dacă cu o întârziere substanţială) şi dexteritatea fizică. Roboţii încă sunt mai neîndemânatici decât copiii la mutarea pieselor pe o tablă de joc sau la legarea şireturilor ori tăierea unghiilor de la picioare. Dar şi aici constatăm un progres. În 2017, Boston Dynamics a prezentat un robot cu o înfăţişare fioroasă numit Handle (un succesor al mai vechiului robot cu patru picioare Big Dog), cu roţi, dar şi cu două picioare, care era suficient de agil încât să facă salturi pe spate. Va mai trece însă multă vreme până când maşinile vor surclasa gimnaştii umani – sau vor interacţiona cu lumea reală cu agilitatea maimuţelor şi veveriţelor care sar din copac în copac; ori, măcar, vor ajunge la versatilitatea comună a oamenilor.

Învăţarea automată, înlesnită de puterea de calcul mereu în creştere a computerelor, e o descoperire care s-ar putea dovedi prodigioasă. Ea permite maşinilor să dobândească expertiză – nu doar în jocuri, dar şi în recunoaşterea facială, traducerea dintr-o limbă în alta, administrarea reţelelor ş.a.m.d. – fără a fi programate în detaliu.

Dar implicațiile pentru societatea omenească sunt ambivalente. Niciun „operator" nu știe exact cum ia o mașină decizii. Dacă se ivește vreo „hibă" în programarea unui sistem IA, identificarea ei nu este întotdeauna posibilă în prezent; acest fapt ar putea trezi îngrijorarea tuturor, mai ales dacă „deciziile" sistemului pot avea consecințe grave pentru indivizi. Dacă suntem condamnați la închisoare, dacă ni se recomandă o intervenție chirurgicală sau primim o evaluare modestă pentru un credit, ne-am aștepta ca motivele să ne fie accesibile – și virtual contestabile. Însă dacă asemenea decizii ar fi în întregime delegate unui algoritm, am fi îndreptățiți să ne simțim neliniștiți, chiar dacă ni s-ar prezenta dovezi convingătoare că, în medie, mașinile iau decizii mai bune decât oamenii pe care i-au uzurpat.

Integrarea sistemelor IA are impact asupra vieții cotidiene – și va deveni tot mai intruzivă și generalizată. Înregistrarea tuturor acțiunilor noastre, a interacțiunilor cu ceilalți, a sănătății noastre, a tranzacțiilor noastre financiare va fi în „cloud", administrată de un cvasimonopol multinațional. Datele ar putea fi folosite în scopuri benefice (de pildă, pentru cercetarea medicală sau pentru a fi avertizați despre riscurile incipiente cu privire la

sănătate), dar disponibilitatea lor pentru companiile de internet înclină deja balanța puterii dinspre guverne spre lumea comercială. Într-adevăr, angajatorii îi pot monitoriza acum pe angajați mult mai draconic decât cei mai tiranici sau „obsedați de control" șefi tradiționali. Vor exista și alte preocupări legate de spațiul privat. Cum v-ar plăcea dacă un necunoscut aflat alături la un restaurant sau într-un mijloc de transport în comun ar putea, prin recunoaștere facială, să vă identifice și să pătrundă apoi în intimitatea dumneavoastră? Sau dacă niște videoclipuri „false" cu dumneavostră ar deveni atât de convingătoare încât realitatea vizuală nu ar mai prezenta nicio încredere?

2.3. Ce se va întâmpla cu locurile de muncă?

Tipicul vieților noastre – modul cum accesăm informația, divertismentul și rețelele sociale – s-a schimbat deja într-o măsură pe care cu greu am fi putut să ne-o imaginăm acum douăzeci de ani. Mai mult, IA este doar într-un „stadiu infantil" comparativ cu ceea ce așteaptă susținătorii săi să se întâmple în deceniile următoare. Cu siguranță, vor exista schimbări drastice în caracterul muncii, care nu numai că ne

furnizează un venit, dar ne și ajută să dăm un sens vieții și comunității noastre. Așadar, întrebarea socioeconomică fundamentală e următoarea: Va produce această „nouă epocă a mașinilor" la fel de multe perturbații ca și tehnologiile anterioare – calea ferată sau electrificarea, de exemplu – și va crea la fel de multe locuri de muncă pe câte va distruge? Sau, de data aceasta, va fi cu totul altfel?

În ultimul deceniu, salariile reale ale lucrătorilor necalificați din Europa și America de Nord au scăzut. Același lucru se poate spune și despre siguranța locurilor de muncă. Totuși, un factor compensator ne-a adus tuturor o bunăstare subiectivă sporită: surplusul de consum oferit de o lume digitală tot mai extinsă. Telefoanele inteligente și laptopurile s-au îmbunătățit semnificativ. Apreciez accesul la internet mult mai mult decât faptul de a poseda un autovehicul, plus că e cu mult mai ieftin.

Evident, mașinile vor prelua o mare parte din activitatea de producție și comerț cu amănuntul. Ele pot înlocui multe slujbe rezervate „gulerelor albe": activitatea juridică de rutină (cum ar fi notariatul), contabilitatea, programarea calculatoarelor, diagnosticarea medicală și chiar chirurgia. Competențele greu dobândite ale multor „profesioniști" vor fi tot mai puțin căutate. Dimpotrivă, câteva dintre

meseriile care necesită abilități din sectorul serviciilor – precum cele de instalator sau de grădinar, de exemplu – presupun interacțiuni lipsite de rutină cu lumea exterioară și vor putea fi automatizate cu mare dificultate. Ca să luăm un exemplu mult discutat, cât de vulnerabile sunt slujbele celor trei milioane de șoferi de camion din SUA?

Vehiculele care se conduc singure ar putea fi acceptate rapid în acele zone limitate unde drumurile vor fi rezervate doar lor – în anumite zone din centrele orașelor sau, poate, pe piste speciale de pe autostrăzi. Există potențial și pentru folosirea mașinilor fără șofer în ferme și la recoltare, acestea operând în afara drumurilor. Mai puțin clar este însă dacă aceste vehicule vor putea opera vreodată în siguranță atunci când sunt confruntate cu toate complexitățile șofatului de rutină – să circule pe drumuri înguste și sinuoase sau să circule pe străzile orașelor laolaltă cu vehicule conduse de oameni, biciclete și pietoni. Cred că mulți se vor opune în acest din urmă caz.

Pot fi mașinile complet autonome mai sigure decât mașinile cu șofer uman? Dacă un obiect blochează drumul în fața lor, ar putea ele deosebi oare între o pungă de hârtie și un câine sau un copil? Se afirmă că nu o pot face în mod infailibil, dar că

se vor descurca mai bine decât un șofer uman mediu. Să fie adevărat? Unii ar spune că da. Dacă mașinile vor fi conectate wireless între ele, vor învăța mai rapid prin împărtășirea experiențelor.

Pe de altă parte, n-ar trebui să uităm că fiecare inovație e riscantă inițial – să ne gândim la vremurile de început ale căilor ferate sau la efectuarea în premieră a unor intervenții chirurgicale devenite azi banale. Referitor la siguranța drumurilor, să dăm câteva cifre din Marea Britanie. În 1930, când existau doar un milion de vehicule pe drumuri, au fost mai mult de 7.000 de victime; în 2017, au fost în jur de 1.700 de victime – de patru ori mai puține, chiar dacă azi sunt de circa treizeci de ori mai multe vehicule pe drumuri decât erau în 1930[10]. Tendința se datorează parțial drumurilor mai bune, dar mai ales mașinilor mai sigure și, în ultimii ani, sistemelor GPS și altor dispozitive electronice. Această tendință va continua, făcând șofatul mai sigur și mai ușor. Însă vehiculele complet automatizate care vor participa la traficul mixt pe drumurile obișnuite ar constitui o schimbare radicală. Suntem îndreptățiți să fim sceptici cu privire la posibilitatea și acceptabilitatea acestei tranziții.

S-ar putea să mai treacă mult timp până când șoferii de camioane și de autoturisme vor deveni

de prisos. Ca o paralelă, gândiți-vă la ceea ce se întâmplă în aviația civilă. Cu toate că să călătorești pe calea aerului era odinioară periculos, acum este incredibil de sigur. În 2017, în întreaga lume n-a existat nici măcar o singură victimă pe vreun zbor de pasageri programat. Cea mai mare parte a zborului este efectuată pe pilot automat, pilotul real fiind necesar doar pentru urgențe. Există însă teama că el ar putea să nu fie vigilent în momentele-cheie. Prăbușirea în 2009, în Atlanticul de Sud, a unui avion Air France care zbura de la Rio de Janeiro la Paris, arată cum lucrurile pot lua o întorsătură proastă: piloții au așteptat prea mult pentru a relua controlul atunci când a apărut o urgență și, din greșeală, au agravat problema. Pe de altă parte, piloții sinucigași au produs accidente catastrofice pe care niciun pilot automat nu le-a putut preveni. Vor fi vreodată oamenii pregătiți pentru îmbarcarea pe un avion fără niciun pilot? Mă îndoiesc. Dar avioanele fără pilot ar putea fi acceptate pentru transportul aerian de mărfuri. Dronele de livrare au și ele un viitor promițător; de altfel, în Singapore, s-au întocmit planuri de a înlocui vehiculele de livrare de la sol cu drone care să zboare pe deasupra străzilor. Dar, chiar și în cazul acestora, suntem prea relaxați în legătură cu riscul

coliziunilor, mai ales dacă acestea se răspândesc. Nici erorile de programare și atacurile cibernetice nu pot fi excluse pentru mașinile obișnuite. Vedem deja cât de vulnerabile sunt la atacurile hackerilor softurile și sistemele de securitate tot mai sofisticate ale automobilelor. Putem proteja oare cu certitudine frânele și volanele împotriva hackerilor?

Un beneficiu deseori menționat al mașinilor fără șofer e că nu vor fi proprietate privată, ci, mai degrabă, vor fi închiriate și folosite în comun. Astfel s-ar putea reduce spațiul de parcare din orașe, estompând limita dintre transportul public și cel privat. Nu este clar însă cât de departe se va merge – dacă dorința de a poseda un automobil propriu va dispărea cu adevărat. Dacă vehiculele fără șofer vor deveni o modă, ele vor promova călătoria pe drumuri în dauna tradiționalei călătorii pe șine. Mulți europeni preferă să ia trenul pentru o călătorie de 350 de kilometri: este mai puțin stresant decât șofatul și oferă timp pentru muncă sau lectură. Dar dacă am avea un „șofer electronic" în care să putem avea încredere pe toată durata călătoriei, mulți dintre noi ar prefera să călătorească cu mașina și să fie duși de acasă direct la destinație și invers. Acest lucru ar reduce cererea pentru rutele de tren pe mare distanță, dar, în același

timp, ar da un imbold pentru inventarea unor noi forme de transport, precum trenurile de tip hyperloop. Dar și mai benefice ar fi, desigur, niște telecomunicații de nivel calitativ înalt care să elimine necesitatea celor mai multe dintre călătoriile în interes de serviciu.

Revoluția digitală generează o enormă bogăție pentru o elită de inventatori și pentru companiile globale, dar menținerea unei societăți prospere va impune redistribuirea acestei bogății. A fost pusă în discuție folosirea ei pentru a furniza un venit universal. Obstacolele în calea implementării acestei idei sunt bine-cunoscute, iar dezavantajele societale pot intimida. Ar fi mult mai bine să subvenționăm acele locuri de muncă pentru care există în prezent o mare cerere nesatisfăcută și pentru care remunerația și statutul sunt nejustificat de scăzute.

Este suficient să observăm (uneori cu stupoare) cum cheltuie cei care nu se confruntă cu constrângerile financiare. Cei bogați apreciază serviciile private: ei își angajează instructori personali, dădace și majordomi. Când îmbătrânesc, angajează infirmieri. Criteriul pentru o guvernare progresistă ar trebui să fie acela de a oferi fiecăruia genul de sprijin preferat de cei care o duc bine – cei care

au acum cea mai mare libertate de alegere. Pentru a crea o societate omenoasă, guvernele vor trebui să sporească mult numărul și să amelioreze mult statutul celor care îndeplinesc roluri de îngrijitor; la ora actuală, ei sunt mult prea puțini și chiar și în țările înstărite sunt plătiți prost și au poziții nesigure. (Ce-i drept, roboții pot prelua unele aspecte ale îngrijirii de rutină – și ni s-ar putea părea mai puțin jenant ca un robot să se ocupe de spălat, de gătit sau să facă patul. Dar cei care își permit așa ceva, își doresc și grija unor ființe omenești reale.) Există și alte slujbe care ne-ar îmbunătăți viața și ar putea furniza locuri de muncă pentru mult mai mulți oameni – bunăoară, cele de grădinar în parcurile publice, de custode ș.a.m.d.

Nu doar persoanele de vârstă foarte fragedă sau cele foarte bătrâne au nevoie de sprijin. Astăzi, când numeroase probleme, inclusiv interacțiunea cu guvernul, se rezolvă cu ajutorul internetului, ar trebui să ne facem griji, de pildă, pentru o persoană cu dizabilități care locuiește singură și are nevoie de acces online pentru a-și revendica drepturile sociale sau a-și comanda alimentele de bază. Gândiți-vă câtă anxietate și frustrare resimte dacă nu o poate face. Asemenea persoane vor duce

un trai normal numai dacă vor exista îngrijitori cu cunoştinţe de operare pe calculator care să le ajute să se descurce, să se asigure că pot fi ajutate şi că nu se vor simţi dezavantajate. În caz contrar, cei „vitregiţi din punct de vedere digital" vor deveni o nouă „clasă de jos".

Ne simţim mai bine atunci când putem îndeplini cu toţii o activitate utilă din punct de vedere social decât atunci când avem o sinecură. Cu toate acestea, săptămâna obişnuită de lucru ar putea fi scurtată – chiar sub cea de 35 de ore din Franţa. Cei pentru care munca este intrinsec o sursă de satisfacţie sunt atipici şi deosebit de norocoşi. Cei mai mulţi ar fi încântaţi să aibă zile de muncă mai scurte, ceea ce le-ar oferi mai mult timp liber pentru divertisment, socializare sau participarea la ritualuri colective – fie ele religioase, culturale sau sportive.

Se va produce şi o renaştere a artelor şi meseriilor. Am asistat la apariţia „bucătarilor celebri" – chiar şi a coaforilor celebri. Şi alte meserii vor căpăta anvergură, iar reprezentanţii lor cei mai talentaţi vor fi mai respectaţi. Din nou, cei bogaţi, care au cea mai mare libertate de alegere, cheltuie din plin pentru a patrona asemenea activităţi bazate în special pe muncă.

Declinul muncii de rutină și al carierei pe viață va stimula „învățarea continuă" pe tot parcursul vieții. Educația formală, bazată pe predarea în săli de clasă sau de curs, este probabil cel mai sclerozat sector al societății din lumea întreagă. Învățarea la distanță prin cursuri online s-ar putea să nu înlocuiască niciodată experiența frecventării unui colegiu rezidențial care oferă consiliere și instruire, dar va deveni un substitut mai eficient din punctul de vedere al costului și un înlocuitor mai flexibil pentru tipica „universitate populară". Există un potențial nelimitat pentru modelul introdus de Open University în Marea Britanie, model care este acum larg răspândit prin intermediul unor organizații americane precum Coursera și edX, unde universitari de top oferă conținut pentru cursuri online. Profesorii care fac acest lucru cel mai bine pot deveni staruri mondiale online. Aceste cursuri vor fi îmbunătățite prin personalizarea pe care IA va fi tot mai în măsură să o ofere. Cei care au ajuns oameni de știință atribuie deseori motivația lor inițială învățării de pe net sau din mass-media, nu educației din școală.

Stilul de viață pe care o lume tot mai automatizată îl oferă pare benefic – dacă nu chiar seducător – și, în principiu, ar putea încuraja obținerea unui nivel

de satisfacție în viață asemănător celui scandinav, atât în Europa, cât și America de Nord. În orice caz, scandinavii sunt națiuni privilegiate care astăzi sunt mult mai puțin izolate în raport cu regiunile dezavantajate ale lumii. Dacă inegalitatea dintre țări nu va fi redusă, frustrarea și instabilitatea vor deveni mult mai acute, pentru că săracii lumii sunt astăzi, prin IT și mass-media, mult mai conștienți de lipsurile cu care se confruntă. Progresul tehnic ar putea amplifica revoltele internaționale. Mai mult, dacă robotica va face ca fabricarea bunurilor pe propriul teritoriu să devină viabilă economic pentru țările bogate, stimulul tranzitoriu, dar esențial în ceea ce privește dezvoltarea pe care „tigrii" din Orientul Îndepărtat l-au primit datorită costului muncii mult redus față de Occident le va fi refuzat națiunilor încă sărace din Africa și Orientul Mijlociu, astfel încât inegalitățile se vor adânci tot mai mult.

De asemenea, s-a schimbat natura emigrației. Acum o sută de ani, decizia unui european sau a unui asiatic de a pleca în America de Nord sau în Australia impunea ruperea legăturilor cu cultura sa indigenă și cu familia extinsă. Prin urmare, exista un imbold pentru integrarea în noua societate. În schimb, convorbirile video zilnice și contactele prin rețelele de socializare le permit acum imigranților,

dacă își doresc, să rămână încorporați în cultura patriei lor, iar călătoriile intercontinentale accesibile pot facilita menținerea contactelor personale.

Loialitățile și diviziunile naționale și religioase vor persista (sau vor fi chiar întărite de „camerele de ecou" de pe internet), în pofida mobilității sporite și a sentimentalismului scăzut legat de ideea de „loc". Numărul nomazilor lumii tehnocratice va crește. Cei pauperizați vor considera că singura lor speranță e „să ia urma banilor" – migrând legal sau ilegal. Tensiunile internaționale se vor acutiza.

Dacă există, într-adevăr, un risc tot mai mare de declanșare a unor conflicte ideologice sau datorate inegalității considerate injuste, el va fi agravat de impactul noilor tehnologii asupra acțiunilor militare și a terorismului. Cel puțin în ultimul deceniu, am văzut reportaje TV cu drone sau rachete care atacă ținte din Orientul Mijlociu. Ele sunt controlate din buncăre situate în SUA – de indivizi care se află mult mai departe de consecințele acțiunilor lor decât echipajele avioanelor ce efectuează raiduri de bombardament. Dezgustul etic pe care îl generează acest fapt e cumva diminuat de declarațiile potrivit cărora a lovi ținta cu o mare precizie înseamnă a reduce victimele colaterale. Dar, în acest caz, măcar

există o persoană informată care decide când și ce anume să atace. În schimb, există astăzi posibilitatea folosirii unor arme autonome care pot căuta singure o țintă folosind recunoașterea facială pentru a identifica indivizi și a-i ucide. Acest fapt ar fi un precursor al „războiului automatizat" – o evoluție care naște mari îngrijorări. Posibilitățile pe termen scurt includ mitraliere automate, drone și vehicule blindate sau submarine care pot să identifice ținte, să decidă dacă trebuie deschis focul și să învețe din mers.

Ideea „roboților ucigași" stârnește neliniști tot mai mari. În august 2017, directorii a o sută de companii de vârf din acest domeniu au semnat o scrisoare deschisă prin care cereau Națiunilor Unite să scoată în afara legii „armele autonome letale", la fel cum convențiile internaționale împiedică folosirea armelor chimice și biologice[11]. Semnatarii avertizează asupra unui câmp de bătălie electronic „la o scară mai mare ca niciodată și implicând viteze ce depășesc puterea de înțelegere a oamenilor". Rămâne neclar cât de eficient ar fi un asemenea tratat. La fel ca în cazul armelor biologice, națiunile ar putea urmări aceste tehnologii din motive pretins „defensive" și din temerea că alte națiuni fără

scrupule sau grupările extremiste nu vor ezita să exploateze astfel de progrese militare.

Acestea sunt preocupările pe termen scurt, în cazul cărora tehnologiile-cheie au fost deja lămurite. Dar să privim acum ceva mai departe.

2.4. Inteligență de nivel uman?

Scenariile discutate în secțiunea anterioară se referă la viitorul nostru apropiat, astfel încât trebuie să ne facem planuri legate de ele și să ne adaptăm lor. Cum stau însă lucrurile cu previziunile pe termen lung? Acestea sunt mai obscure și experții nu au ajuns la un consens cu privire la viteza progreselor în materie de inteligență a mașinilor – sau chiar cu privire la limitele potențiale ale IA. Pare plauzibil că o inteligență artificială conectată la internet ar putea „da lovitura" la bursă, analizând un volum extrem de mare de date mult mai rapid decât o poate face orice individ. Până la un anumit punct, asta și fac deja fondurile de investiții de tip hedge cantitative. Dar pentru interacțiunile cu semenii sau chiar cu mediul complex și atât de variat cu care se confruntă un vehicul fără șofer pe un drum public, puterea de procesare nu este suficientă;

computerele de bord ar avea nevoie de senzori care să le permită să vadă și să audă la fel de bine ca oamenii și de un software care să proceseze și să interpreteze datele primite de la senzori.

Dar nici măcar așa nu ar fi suficient. Calculatoarele „învață" dintr-un „set de instruire" curpinzând activități similare, în care succesul este imediat „recompensat" și consolidat. Computerele pentru jocuri rulează milioane de jocuri; cele care interpretează fotografii devin experte studiind milioane de imagini; pentru ca mașinile fără șofer să ajungă la o expertiză similară, ar trebui să comunice una cu cealaltă, pentru a-și împărtăși și actualiza cunoștințele. Dar ca să înveți despre comportamentul uman trebuie să observi oameni reali în locuințele lor sau la locurile lor reale de muncă. Mașina s-ar simți vitregită din punct de vedere senzorial de lentoarea vieții reale și ar fi derutată. Ca să-l citez pe Stuart Russel, un teoretician de primă importanță al IA, „o mașină ar putea să încerce tot felul de lucruri: să facă ouă jumări, să stivuiască lemne, să mestece cabluri, să-și bage degetele în prize. Dar nimic n-ar da computerului ei un feedback suficient de puternic încât să o convingă că e pe drumul cel bun și să o conducă spre următoarea acțiune necesară"[12].

Doar când această barieră va putea fi depășită inteligențele artificiale vor fi cu adevărat percepute ca ființe inteligente, cu care putem relaționa, fie și în anumite privințe, la fel cum o facem cu ceilalți oameni. Iar „gândurile" și reacțiile lor mult mai rapide le-ar putea avantaja față de noi.

Unii oamenii de știință se tem de potențiala „independență mentală" a calculatoarelor, care le-ar putea face să urmărească scopuri ostile omenirii. Ar rămâne docilă o IA puternică din viitor sau „s-ar ticăloși"? Ar înțelege scopurile și motivele oamenilor și s-ar conforma lor? Ar deprinde destulă etică și „bun-simț" încât „să știe" când acestea ar trebui să aibă prioritate față de celelalte motivații ale ei? Dacă s-ar putea infiltra pe internet, ar putea manipula restul lumii. Ea ar putea să aibă scopuri contrare dorințelor comunităților sau chiar să trateze oamenii ca pe niște obstacole. IA trebuie să aibă un „scop", dar lucrul cu adevărat dificil este să-i insufli „bun-simț". IA ar trebui să nu-și urmărească obsesiv scopul și să fie pregătită mai curând să-și sisteze eforturile decât să încalce normele etice.

Calculatoarele vor spori enorm abilitățile matematice, poate chiar și creativitatea. Deja telefoanele noastre inteligente ne scutesc de memorarea unor chestiuni de rutină și oferă acces aproape

instantaneu la informația globală. În curând, traducerea dintr-o limbă în alta va fi o operație obișnuită. Următorul pas ar putea fi să ne „atașăm" o memorie suplimentară sau să dobândim abilități lingvistice prin introducerea directă a informațiilor în creier – dar încă nu știm cât de fezabil este acest lucru. Dacă ne-am putea „extinde" creierul cu implanturi electronice, am putea fi în măsură să ne descărcăm gândurile și amintirile într-o mașină. Dacă tendințele tehnice din prezent vor continua fără să întâmpine vreo piedică, atunci unii dintre cei aflați astăzi în viață ar putea atinge nemurirea – cel puțin în sensul limitat că gândurile și amintirile lor descărcate într-o mașină ar putea avea o durată de viață independentă de corpurile lor reale. Cei care caută o astfel de viață eternă vor „trece dincolo", ca să folosim modul de exprimare spiritualist din vechime.

Ne confruntăm astfel cu clasica problemă filosofică a identității personale. Dacă creierul tău ar fi descărcat într-o mașină, în ce sens ai mai fi „tu însuți"? Ar trebui să te simți bine în propriul tău corp care urmează să fie distrus? Ce s-ar întâmpla dacă s-ar face câteva „clone" ale tale? Și sunt stimulii la care sunt supuse organele noastre de simț și interacțiunile fizice cu lumea exterioară reală atât de importanți pentru ființa noastră încât o asemenea

evoluție să fie nu doar oribilă, ci și imposibilă? Toate acestea sunt străvechi enigme pentru filosofi, dar eticienii aplicați ar putea fi obligați să se confrunte cu ele cât de curând, pentru că e foarte posibil să fie considerate importante pentru alegerile pe care omenirea le va face în acest secol.

Referitor la aceste speculații post-2050, nu știm care e limita dintre ceea ce se poate întâmpla cu adevărat și ceea ce va rămâne doar SF – așa cum nu știm dacă să luăm în serios viziunea lui Freeman Dyson despre biohackingul practicat de copii. Există opinii extrem de diferite. Unii experți, de pildă Stuart Russel de la Berkeley și Demis Hassabis de la DeepMind, cred că domeniul IA, ca și biotehnologia sintetică, are deja nevoie de directive pentru o „inovație responsabilă". Mai mult, faptul că AlphaGo a atins un obiectiv despre care creatorii săi credeau că-l va realiza în mult mai mulți ani, i-a făcut pe cei de la DeepMind să fie și mai optimiști în legătură cu viteza progresului. Alții însă, precum roboticianul Rodney Brooks (creatorul robotului Baxter și al aspiratorului Roomba), cred că aceste preocupări sunt prea departe de a se materializa ca să ne neliniștim din cauza lor – pe aceștia îi îngrijorează nu atât inteligența artificială, cât prostia reală. Companii ca Google, lucrând îndeaproape cu

universitățile și guvernele, conduc în cercetarea privind IA. Aceste sectoare își unesc astăzi vocile pentru a sublinia necesitatea de a promova o IA „puternică și benefică", dar s-ar putea să apară și unele tensiuni atunci când IA va trece de la stadiul de cercetare și dezvoltare la cel în care va devini o sursă de profit potențial imensă pentru companiile globale.

Dar oare chiar contează dacă sistemele de IA au gânduri conștiente în sensul în care le au oamenii? Din perspectiva pionierului informaticii Edsger Dijkstra, aceasta nu este o problemă: „Întrebarea dacă mașinile pot gândi e cam la fel de relevantă ca și întrebarea dacă submarinele pot înota". Și o balenă, și un submarin înaintează prin apă, dar o fac în moduri fundamental diferite. Pentru mulți este însă foarte important dacă mașinile inteligente au conștiință de sine. Într-un scenariu (vezi secțiunea 3.5) în care evoluția viitoare e dominată de entități care sunt electronice, în loc să aibă hardware-ul „umed" pe care îl avem noi în cutia craniană, ar fi deprimant dacă am fi depășiți în competență de niște „zombi" care n-ar putea aprecia minunile universului înconjurător și n-ar putea „simți" lumea exterioară așa cum o simt oamenii. Oricum, societatea va fi transformată de roboții

autonomi, deşi nu s-a decis încă dacă aceştia vor poseda ceea ce noi am numi înţelegere reală sau vor fi doar nişte „savanţi idioţi" – competenţi, dar fără înţelegere.

Un robot superinteligent suficient de versatil ar putea fi ultima invenţie pe care oamenii trebuie să o facă. Odată ce depăşesc inteligenţa omenească, maşinile ar putea proiecta şi fabrica o nouă generaţie de maşini şi mai inteligente. Unele dintre temele ştiinţei speculative, care-i pune în încurcătură pe fizicienii de azi – călătoria în timp, deformarea spaţiului şi ultracomplexitatea –, ar putea fi valorificate de noile maşini, transformând fizic lumea. Ray Kurzweil (menţionat în secţiunea 2.1 în legătură cu criogenarea) susţine că acest lucru ar putea conduce la o explozie de inteligenţă impetuoasă: „singularitatea"[13].

Puţini oameni au dubii că maşinile vor depăşi într-o bună zi cele mai specifice abilităţi omeneşti; dezacordurile se referă la viteza călătoriei, nu la direcţia ei. Dacă susţinătorii inteligenţei artificiale au dreptate, ar putea dura doar câteva decenii până când oamenii în carne şi oase vor fi întrecuţi – sau poate că va dura veacuri. Dar, în comparaţie cu imensitatea perioadei de evoluţie

care a dus la apariția omenirii, acest interval e doar o clipire. Nu e o previziune fatalistă, ci un motiv de optimism. Civilizația care ne va lua locul ar putea realiza progrese inimaginabile – niște performanțe pe care noi probabil că nici măcar nu le vom putea înțelege. Voi explora orizonturile de dincolo de limitele planetei noastre în capitolul 3.

2.5. Riscuri cu adevărat existențiale?

Lumea noastră depinde tot mai mult de anumite rețele complicate: rețelele electrice, de control al traficului aerian, finanțele internaționale, fabricarea de bunuri dispersată pe tot globul ș.a.m.d. Dacă aceste rețele nu sunt extrem de durabile, beneficiile lor ar putea fi depășite de prăbușiri catastrofale (deși rare) – corespondente reale ale crizei financiare globale din 2008. Orașele ar fi paralizate fără electricitate – luminile s-ar stinge, dar asta n-ar fi nici pe departe cea mai gravă consecință. În câteva zile, orașele noastre ar deveni de nelocuit și anarhice. Transportul aerian poate răspândi o pandemie la nivel mondial în câteva zile, devastând megaorașele dezorganizate din țările în curs de dezvoltare. Iar mediile de socializare online pot răspândi panica,

zvonurile și contagiunea economică literalmente cu viteza luminii.

Când ne dăm seama de puterea biotehnologiei, a roboticii, a tehnologiei electronice și a IA – și, mai mult, de potențialul lor în deceniile viitoare –, nu putem evita îngrijorările cu privire la posibila utilizare greșită a acestor forțe sporite. Consemnările istorice dau la iveală episoade în care „civilizațiile" s-au prefăcut în ruine și chiar au fost șterse de pe fața pământului. Lumea noastră e atât de interconectată, încât e improbabil ca în cazul în care o catastrofă ar lovi o anumită regiune, consecințele să nu se extindă la nivel global. Pentru prima dată trebuie să luăm în calcul un colaps – societal sau ecologic – care ar însemna un pas înapoi al civilizației la un nivel cu adevărat global. Pasul înapoi ar putea fi temporar. Pe de altă parte, ar putea fi atât de dur (și ar putea avea drept consecință o degradare ecologică sau genetică atât de puternică), încât ar fi posibil ca supraviețuitorii să nu mai poată reconstitui niciodată civilizația la nivelul ei actual.

Se ridică astfel întrebarea: ar putea exista o clasă distinctă de evenimente extreme care să „tragă cortina" pentru noi toți – catastrofe care ar putea eradica întreaga omenire sau chiar tot ce este viu? Fizicienii care au lucrat la Proiectul Manhattan în

timpul celui de-al Doilea Război Mondial au inițiat astfel de preocupări prometeice. Am putea fi absolut siguri că o explozie nucleară n-ar putea incendia întreaga atmosferă sau n-ar face să se evapore apa din toate oceanele lumii? Înainte de Testul Trinity, din 1945, al primei bombe atomice, care a avut loc în New Mexico, Edward Teller și doi dintre colegii lui s-au ocupat de această problemă într-un calcul care a fost publicat (mult mai târziu) de Laboratorul din Los Alamos; ei s-au autoconvins că exista un factor de siguranță ridicat. Și, din fericire, aveau dreptate. Știm astăzi cu certitudine că o singură armă nucleară, oricât ar fi de distrugătoare, nu ar putea declanșa o reacție nucleară în lanț care să distrugă întreg Pământul sau atmosfera din jurul lui.

Dar ce putem spune despre experimentele și mai radicale? Fizicienii încearcă să înțeleagă particulele care compun universul și forțele care le guvernează. Sunt curioși să analizeze energiile, presiunile și temperaturile extreme; în acest scop, construiesc aparate imense și complicate – acceleratoarele de particule. Metoda optimă pentru a produce o mare concentrare de energie este de a accelera atomii la viteze enorme, aproape de viteza luminii, și de a-i face să se ciocnească unii cu ceilalți. Când doi atomi se ciocnesc, protonii și neutronii din componența

lor implodează la o densitate și o presiune mult mai mari decât atunci când sunt închiși într-un nucleu normal, eliberând quarcii constitutivi. Ei se pot fragmenta apoi în particule și mai mici. La nivel microcosmic, se reproduc condițiile care au predominat în prima nanosecundă ce a urmat Big Bangului.

Unii fizicieni au accentuat posibilitatea ca aceste experimente să aibă efecte mult mai grave – distrugerea Pământului sau chiar a întregului univers. S-ar putea forma o gaură neagră, care ar absorbi totul din jurul ei. Conform teoriei relativității a lui Einstein, energia necesară pentru crearea chiar și a celei mai mici găuri negre ar depăși cu mult ceea ce aceste coliziuni ar putea genera. Cu toate acestea, câteva teorii noi invocă dimensiuni extraspațiale dincolo de cele trei pe care le cunoaștem; o consecință ar fi creșterea atracției gravitaționale, astfel încât ar fi mai puțin dificil ca un obiect mic să implodeze într-o gaură neagră.

A doua posibilitate înfricoșătoare constă în reasamblarea quarcilor în obiecte comprimate numite *strangelet**. Acest lucru în sine ar fi benign. Totuși, după anumite ipoteze, un strangelet ar putea, prin contagiune, să convertească tot ceea ce întâlnește

* Fragmente de „materie stranie" (n.tr.).

într-o nouă formă de materie, transformând întreg Pământul într-o sferă hiperdensă cu diametrul de circa o sută de metri.

Al treilea risc al acestor experimente de coliziune este și mai exotic și, potențial, cel mai dezastruos dintre ele: o catastrofă care înghite spațiul însuși. Spațiul gol – ceea ce fizicienii numesc „vid" – este mai mult decât pur și simplu nimic. Este o „scenă" pentru tot ceea ce se întâmplă; conține, într-o formă latentă, toate forțele și particulele care guvernează lumea fizică. El este depozitul energiei întunecate care controlează soarta universului. Spațiul ar putea exista în diferite „faze", la fel cum apa poate exista în trei forme: gheață, lichid sau aburi. În plus, vidul actual ar putea fi fragil și instabil. Aici putem face o analogie cu apa atunci când este „suprarăcită". Apa se poate răci sub punctul ei normal de îngheț dacă este pură și nu e agitată; cu toate acestea, este suficientă o mică perturbare locală – de pildă, un fir de praf care cade în ea – pentru a declanșa transformarea apei suprarăcite în gheață. În mod similar, unii au speculat că energia concentrată creată atunci când particulele se ciocnesc una de alta ar putea declanșa o „tranziție de fază" care ar sfâșia textura spațiului. Aceasta ar fi o calamitate cosmică – nu doar terestră.

Teoriile cele mai acceptate sunt liniştitoare; ele sugerează că riscurile experimentelor care stau în puterile noastre la ora actuală sunt zero. Totuşi, fizicienii pot să conceapă teorii alternative (şi să pună pe hârtie ecuaţiile pentru ele) care sunt compatibile cu tot ceea ce ştim – astfel încât nu putem să le dăm deoparte –, conform cărora unele dintre aceste catastrofe ar fi posibile. Asemenea teorii alternative poate că nu sunt cele mai plauzibile, dar sunt oare toate atât de incredibile încât nu ar trebui să ne facem niciun fel de griji?

Fizicienilor li s-a cerut (în mod absolut justificat, în opinia mea) să abordeze problema acestor „riscuri existenţiale" speculative atunci când acceleratoare de particule noi şi puternice au fost inaugurate la Brookhaven National Laboratory şi CERN din Geneva, generând concentraţii de energie fără precedent. Din fericire, ei au putut oferi unele asigurări; într-adevăr, am fost unul dintre cei care au arătat că „razele cosmice" – particule cu o energie mult mai mare decât cea care poate fi obţinută în acceleratoare – se ciocnesc în mod frecvent în galaxie, dar n-au distrus spaţiul[14]. Şi au străpuns stele foarte dense, fără a declanşa transformarea lor în vreun strangelet.

Așadar, cât de puțin dispuși la risc ar trebui să fim? Unii ar pretinde că o probabilitate de unu la zece milioane să se producă un dezastru existențial ar fi suficient de bună, pentru că ar fi mai mică decât probabilitatea ca, anul viitor, un asteroid suficient de mare pentru a produce distrugeri la nivelul întregii planete să lovească Pământul. (Afirmația aceasta este ca și cum ai argumenta că efectul extracancerigen al radiației artificiale e acceptabil atât timp cât nu dublează riscul implicat de radiația naturală – radonul din rocile locale, bunăoară.) Dar pentru alții această limită s-ar putea să nu fie suficient de strictă. Dacă o amenințare ar viza întregul Pământ, oamenii ar putea cere cu îndreptățire asigurări că probabilitatea este de sub unu la un miliard – poate chiar unu la un trilion – înainte de a autoriza un asemenea experiment, dacă scopul său este doar de a satisface curiozitatea fizicienilor teoreticieni.

Putem oare da în mod credibil asemenea asigurări? Am putea paria că probabilitatea ca astfel de evenimente să nu se întâmple este mai mare decât posibilitatea ca soarele să nu răsară mâine sau ca un zar nemăsluit să cadă de o sută de ori la rând cu cifra șase în sus, pentru că suntem încrezători că înțelegem aceste lucruri. Dar, întrucât înțelegerea

noastră este fragilă – așa cum este în mod clar la frontierele fizicii –, nu putem să atribuim cu adevărat o probabilitate sau să afirmăm cu certitudine că un anumit lucru e improbabil. Ar fi o dovadă de aroganță să ne încredem în orice teorie despre ceea ce se întâmplă atunci când atomii se ciocnesc între ei cu o energie fără precedent. Dacă un comitet congresional ar întreba: „Chiar pretindeți că există mai puțin de o șansă la un miliard să vă înșelați?", m-aș simți stânjenit să spun „da".

Dar, pe de altă parte, dacă un congresman m-ar întreba: „Ar putea un asemenea experiment să pună în lumină o mare descoperire care să furnizeze – de pildă – o nouă sursă de energie pentru întreaga lume?", aș paria și împotriva acestei eventualități. Deci, problema constă în probabilitățile relative ale acestor evenimente improbabile, unul extrem de benefic, celălalt – catastrofal. Aș presupune că aspectul pozitiv – un beneficiu pentru umanitate –, cu toate că e foarte improbabil, e mult mai puțin improbabil decât scenariul „sfârșitului lumii". Asemenea gânduri ar înlătura orice ezitare cu privire la continuarea experimentelor – dar e imposibil să cuantificăm probabilitățile relative. În consecință, ar putea fi dificil să pledăm convingător în favoarea

acestui târg faustic. Inovația e deseori periculoasă, dar, dacă nu riscăm, am putea să ne lipsim de beneficii. Aplicarea „principiului prudențial" are un cost în ceea ce privește oportunitatea – „costul ascuns al refuzului".

Cu toate acestea, fizicienii ar trebui să fie circumspecți față de efectuarea unor experimente care generează condiții fără precedent, chiar și în cosmos. În mod similar, biologii ar trebui să evite crearea unor agenți patogeni modificați genetic și potențial distructivi sau modificarea pe scară largă ale genomului uman. Experții în cibernetică sunt conștienți de riscul unui dezastru care s-ar propaga în infrastructura globală. Inventatorii care promovează utilizările benefice ale IA avansate ar trebui să evite scenariile în care mașina „preia controlul". Mulți dintre noi sunt înclinați să nu dăm atenție acestor riscuri, considerându-le științifico-fantastice – dar, ținând cont de miză, ele nu ar trebui ignorate, chiar dacă sunt socotite extrem de improbabile.

Aceste exemple de riscuri cvasiexistențiale exemplifică, de asemenea, necesitatea unei expertize interdisciplinare și a unei interacțiuni adecvate între experți și public. Mai mult, pentru a se asigura

că tehnologiile novatoare sunt optim valorificate, comunităţile vor trebui să gândească global şi pe termen lung, Aceste chestiuni etice şi politice vor fi discutate în continuare în capitolul 5.

Şi pentru că veni vorba, prioritatea pe care ar trebui s-o acordăm evitării dezastrelor cu adevărat existenţiale depinde de o chestiune etică discutată cândva de filosoful Derek Parfit: drepturile celor care nu s-au născut încă. Reflectaţi asupra a două scenarii: în scenariul *A*, 90% din omenire e ştearsă de pe faţa pământului; în scenariul *B*, 100%. Cu cât e mai rău *B* decât *A*? Unii ar spune că e cu 10% mai rău: numărul cadavrelor este cu 10% mai mare. Dar Parfit ar argumenta că *B* ar putea fi *incomparabil* mai rău, pentru că extincţia omenirii face imposibilă existenţa în viitor a miliarde, chiar trilioane de oameni – şi chiar a unui potenţial viitor postuman infinit care ar depăşi cu mult Pământul[15]. Anumiţi filosofi critică argumentul lui Parfit, arătând că „oamenii posibili" n-ar trebui să aibă aceeaşi importanţă precum cei actuali („Vrem să facem fericiţi mai mulţi oameni, nu să facem oameni mai fericiţi"). Şi chiar dacă luăm în serios aceste argumente utilitariste naive, ar trebui să remarcăm că, dacă extratereştrii ar exista deja (vezi secţiunea 3.5), expansiunea terestră, prin reducerea habitatului

lor, ar putea avea o contribuție categoric negativă la „pacea cosmică"!

Oricum, dincolo de aceste jocuri intelectuale referitoare la „oamenii posibili", perspectiva unui sfârșit al istoriei omenirii i-ar întrista pe oamenii de azi. Cei mai mulți dintre noi, conștienți de moștenirea pe care ne-au lăsat-o generațiile precedente, am fi deprimați dacă am crede că nu ne vor mai urma numeroase alte generații.

(Aceasta este o versiune extinsă a chestiunilor care intervin în politica climatică, discutate în secțiunea 1.5, în care apare o controversă referitoare la cât de mare importanță ar trebui să le dăm celor care încă nu s-au născut și care vor trăi peste un secol. Este o problemă care influențează și atitudinea noastră privind creșterea populației globului.)

Chiar dacă am paria contra unui experiment ce implică un accelerator sau contra unui dezastru genetic care ar putea distruge omenirea, cred că totuși merită să chibzuim la aceste scenarii prin „experimente mentale". Nu avem niciun motiv să presupunem că niște amenințări pricinuite de om care le depășesc cu mult ca gravitate pe cele din registrul nostru actual de riscuri pot fi ignorate. Într-adevăr, motivele de a crede că vom supraviețui celor mai mari nenorociri pe care le pot aduce

tehnologiile viitorului sunt ca și inexistențe. Conform unei maxime importante „ceea ce este nefamiliar nu e totuna cu ceea ce este improbabil"[16].

Aceste chestiuni etice sunt încă departe de viața „cotidiană", dar nu este prematur să le abordăm – din fericire, unii filosofi se ocupă deja de ele. Dar reprezintă o provocare și pentru oamenii de știință. Într-adevăr, ele sugerează un motiv suplimentar pentru a discuta chestiuni despre lumea fizică ce pot să pară oculte și îndepărtate: stabilitatea spațiului însuși, apariția vieții, precum și întinderea și caracterul a ceea ce am putea numi „realitatea fizică".

Aceste idei ne conduc de la o abordare terestră la o perspectivă mai accentuat cosmică, și care va fi tema capitolului următor. În pofida „fascinației" pentru zborul cosmic, spațiul este un mediu ostil, la care oamenii nu sunt adaptați. Ca atare, în acest domeniu, cele mai multe oportunități de acțiune le vor avea roboții, ghidați de o IA de nivel uman, iar biotehnologia și cibertehnologia le-ar putea permite oamenilor să evolueze tot mai mult în viitor.

3. Omenirea în perspectivă cosmică

3.1. Pământul în context cosmic

În 1968, Bill Anders, astronaut pe Apollo 8, a fotografiat „răsăritul Pământului", fotografia înfățișând Pământul în depărtare, strălucind deasupra orizontului selenar. Nu și-a dat seama că imaginea avea să devină emblematică pentru mișcarea ecologistă globală. Ea dezvăluia biosfera fragilă a Pământului, în contrast cu peisajul selenar steril în care, un an mai târziu, Neil Armstrong a făcut „un pas mic". O altă fotografie faimoasă a fost făcută în 1990 de sonda spațială *Voyager I*, de la o distanță de șase miliarde de kilometri. Pământul apărea ca un „palid punct albastru", care i-a inspirat lui Carl Sagan următoarele gânduri[1]:

> Priviți din nou acel punct. Este acolo. Este casa noastră. Suntem noi. Toți cei pe care-i iubiți, toți

cei pe care-i cunoaşteţi, toţi cei despre care aţi auzit vreodată, toate fiinţele umane care au existat vreodată au trăit acolo... Toţi sfinţii şi toţi păcătoşii din istoria speciei noastre au trăit acolo – pe un grăunte de praf suspendat în lumina solară.

Planeta noastră este un mic punct singuratic în marele întuneric cosmic care îl învăluie. Nu există niciun indiciu că va veni de altundeva vreun ajutor pentru a ne salva de noi înşine – Pământul este unica lume cunoscută până acum pe care există viaţă. Ne place sau nu, deocamdată Pământul este locul unde rezistăm.

Aceste sentimente au ecou şi astăzi. Într-adevăr, este în plină desfăşurare o dezbatere serioasă despre modul în care explorarea cosmosului mult dincolo de graniţele sistemului solar, efectuată de aparate, dacă nu de oameni, ar putea deveni o realitate – chiar dacă numai în viitorul îndepărtat (*Voyager I*, după mai mult de patruzeci de ani, se află încă la periferia sistemului solar. Va avea nevoie de zeci de mii de ani pentru a ajunge la cea mai apropiată stea.)

De la Darwin încoace, suntem conştienţi de lunga istorie a Pământului. El încheie *Originea*

speciilor cu următoarele cuvinte bine-cunoscute: „În timp ce planeta noastră își continuă rotația după legea imuabilă a gravitației, nenumărate forme din cele mai frumoase și mai minunate, apărute dintr-un început atât de simplu, s-au dezvoltat și continuă încă să se dezvolte"*. În prezent, noi facem speculații cu privire la perioade la fel de lungi care se întind în viitor, iar acestea vor constitui tema capitolului de față.

„Începutul atât de simplu" al lui Darwin – tânăra planetă Pământ – este complex din punct de vedere chimic și structural. Astronomii vor să sondeze și mai adânc în trecut decât au fost capabili Darwin și geologii să o facă – vizând originea planetelor, a stelelor și a atomilor care le alcătuiesc.

Întregul nostru sistem solar s-a condensat acum 4,5 miliarde de ani dintr-un disc de gaze și praf care se rotea. Dar de unde au apărut atomii – de ce sunt atât de mulți atomi de oxigen și de fier, dar nu și de aur? Darwin nu ar fi înțeles pe de-a-ntregul această întrebare: pe vremea lui, însăși existența atomilor era un subiect controversat. Dar astăzi noi știm nu doar că împărtășim o origine comună și multe gene cu întreaga urzeală a vieții de pe

---

* Ch. Darwin, *Originea speciilor*, Editura Academia RPR, 1957, trad. rom. sub. red. acad. Vasile D. Mîrza (n.tr.).

Pământ, ci și că suntem legați de întregul cosmos. Soarele și stelele sunt reactoare de fuziune nucleară. Își obțin energia prin fuziunea hidrogenului pentru a produce heliu, iar apoi heliul produce prin fuziune carbon, oxigen, fosfor și fier, precum și alte elemente din tabloul periodic. Când stelele pier, ele elimină materia „procesată" înapoi în spațiul interstelar (prin exploziile supernovelor, în cazul stelelor grele). O parte din această materie este apoi reciclată în noile stele care apar. Soarele a fost și el cândva o astfel de stea.

Un atom tipic de carbon, într-una dintre trilioanele de molecule de CO_2 pe care le inhalăm cu fiecare respirație, are o istorie plină de evenimente care se întinde pe mai bine de cinci miliarde de ani. Atomul a fost probabil eliberat în atmosferă când a ars o bucată de cărbune – o bucată care a fost ea însăși rămășița unui copac dintr-o pădure primitivă de acum 200 de milioane de ani – și înainte circulase între scoarța, biosfera și oceanele Pământului încă din vremea formării planetei noastre. Urmărindu-l în continuare, am afla că atomul s-a format într-o stea bătrână ce a explodat, eliberând atomi de carbon care au rătăcit prin spațiul interstelar, condensându-se în cele din urmă într-un sistem protosolar și, de acolo, pe tânăra planetă

Pământ. Noi suntem literalmente cenușa unor stele moarte demult – sau (mai puțin romantic) deșeurile nucleare ale combustibilului care a făcut ca stelele să strălucească.

Astronomia este o știință veche – poate cea mai veche, dacă exceptăm medicina (și aș susține că este prima care a făcut mai mult bine decât rău – prin perfecționarea calendarului, a măsurării timpului și a navigației). Iar în ultimele câteva decenii, explorarea cosmosului a fost extrem de fructuoasă. Există urme de pași omenești pe Lună. Sondele automate ce călătoresc spre alte planete ne-au trimis fotografii ale unor lumi diversificate și fascinante – și chiar au coborât pe unele dintre ele. Telescoapele moderne ne-au lărgit orizonturile cosmice. Aceste telescoape ne-au dezvăluit o „faună" de obiecte extraordinare – găuri negre, stele neutronice și explozii colosale. Soarele nostru este integrat în galaxia noastră, Calea Lactee, care conține mai mult de 100 de miliarde de stele, toate orbitând în jurul unui ax central unde o uriașă gaură neagră stă la pândă. Iar aceasta este doar una dintre cele 100 de miliarde de galaxii vizibile prin telescop. Am detectat chiar „ecouri" ale Big Bangului care a declanșat expansiunea întregului univers acum 13,8 miliarde de ani. Așa a apărut universul – și, odată cu el, toate particulele de bază din natură.

Teoreticienii de fotoliu ca mine își pot aroga puține merite pentru acest progres; el se datorează în primul rând dezvoltării telescoapelor, navelor spațiale și calculatoarelor. Grație acestor progrese începem să înțelegem lanțul de evenimente prin care, pornind de la niște începuturi misterioase, când totul era comprimat la temperaturi și densități imense, au apărut atomii, stelele, galaxiile și planetele – și procesul prin care pe o planetă, Pământul, atomii s-au îmbinat și au format primele ființe vii, începând evoluția darwinistă care a dus la ființe ca noi, capabile să mediteze la tot acest mister.

Știința este o cultură cu adevărat globală – care trece dincolo de orice granițe trasate de naționalitate și de religii. Acest lucru este valabil în special în cazul astronomiei. Cerul nopții este dimensiunea universală prin excelență a mediului nostru. De-a lungul istoriei, oameni din toate colțurile lumii au privit stelele, interpretându-le în moduri diferite. Dar abia în decursul ultimului deceniu cerul nopții a devenit cu mult mai interesant decât a fost pentru strămoșii noștri. Am descoperit că stelele nu sunt doar puncte sclipitoare de lumină, ci că în jurul lor orbitează planete, ca în cazul Soarelui. În mod uimitor, galaxia noastră adăpostește multe milioane

de planete asemănătoare Pământului – planete care par locuibile. Dar sunt oare cu adevărat locuite – există viață, chiar viață inteligentă, acolo? E greu să ne imaginăm o întrebare mai importantă pentru înțelegerea locului nostru în schema cosmică a lucrurilor.

Este evident că prin prezența lor cvasipermanentă în mass-media aceste întrebări fascinează milioane de oameni. Este îmbucurător pentru astronomi (și pentru cei implicați în domenii precum ecologia) că preocupările lor atrag un interes popular atât de larg. Aș resimți o mult mai redusă satisfacție din cercetările mele dacă le-aș putea discuta doar cu câțiva colegi specialiști. Mai mult, acest subiect are o imagine pozitivă și deloc amenințătoare, în contrast cu ambivalența publicului în ceea ce privește, spre exemplu, știința nucleară, robotica sau genetica.

Dacă mă aflu într-un avion și nu vreau să vorbesc cu persoana de pe scaunul alăturat, pot opri cu certitudine conversația spunând: „Sunt matematician". Dimpotrivă, spunând „Sunt astronom", stimulezi adesea interesul. Iar prima întrebare care urmează este, de regulă, „Crezi în extratereștri sau suntem singuri?". Subiectul mă fascinează și pe mine, așa că sunt întotdeauna bucuros să-l discut. Și are și calitatea de a deschide o conversație.

Nimeni nu ştie încă răspunsul, deci nu există o barieră între un „expert" şi publicul curios. Nu e nimic nou în acest interes; însă acum, pentru prima dată, putem spera la un răspuns.

Speculaţiile despre „pluralitatea lumilor locuite" datează încă din Antichitate. Între secolele al XVII-lea şi al XIX-lea, mulţi erau înclinaţi să creadă că celelalte planete ale sistemului solar sunt locuite. Raţionamentul era mai adesea teologic decât ştiinţific. Gânditori eminenţi din secolul al XIX-lea susţineau că viaţa trebuie să fie prezentă în întreg cosmosul, deoarece altfel aceste spaţii vaste ar părea o irosire a eforturilor Creatorului. O critică amuzantă a unor astfel de idei apare în impresionanta carte *Man's Place in the Universe* (Locul omului în Univers) a lui Alfred Russel Wallace, coautorul teoriei selecţiei naturale[2]. Wallace îl atacă în mod special pe fizicianul David Brewster (cunoscut printre fizicieni pentru „unghiul Brewster" din optică), care, bazându-se pe asemenea argumente, emitea ipoteza că până şi Luna trebuie să fie locuită. Brewster susţinea în cartea sa *More Worlds Than One* (Mai multe lumi, nu doar una) că, dacă Luna „ar fi fost hărăzită să fie doar un felinar pentru Pământul nostru, nu ar fi fost motiv pentru a-i împestriţa suprafaţa cu munţi înalţi şi cu vulcani

stinși și pentru a o acoperi cu parcele mari de materie care reflectă cantități diferite de lumină și dau suprafeței sale aspectul continentelor și al mărilor. Ar fi fost un felinar mai bun dacă ar fi fost o bucată netedă de var sau de cretă".

La sfârșitul secolului al XIX-lea mulți astronomi erau atât de convinși că există viață pe alte planete ale sistemului solar, încât a fost oferit un premiu de 100.000 de franci pentru prima persoană care stabilea contactul. Iar premiul excludea în mod explicit contactul cu marțienii, considerat ca fiind mult prea simplu! Afirmația greșită că Marte este brăzdată de canale a fost luată drept dovada limpede a existenței vieții inteligente pe planeta roșie.

Era spațială a adus știri mai cumpătate. Venus, o planetă înnorată care promitea o lume tropicală luxuriantă și mlăștinoasă, s-a dovedit a fi un infern zdrobitor și coroziv. Mercur este un pietroi ciuruit și încins. Chiar și despre Marte, planeta cea mai asemănătoare Pământului, se știe acum că e un deșert înghețat cu o atmosferă foarte subțire. S-ar putea totuși ca sonda NASA *Curiosity* să fi găsit apă. Și a detectat gaz metan care ieșea la suprafață – poate de la organismele în putrefacție care au trăit cu mult timp în urmă –, deși acum nu pare să existe acolo nicio formă interesantă de viață.

În cazul corpurilor cereşti tot mai îndepărtate de Soare şi mai reci, pariul câştigător ar fi pe Europa, una dintre lunile lui Jupiter, şi pe Enceladus, o lună a lui Saturn. Acestea sunt acoperite cu gheaţă şi ar putea găzdui creaturi care înoată în oceanele de dedesubt; sunt plănuite sonde spaţiale care le vor căuta. Şi ar mai putea exista o viaţă exotică în lacurile de metan de pe Titan, o altă lună a lui Saturn. Dar nimeni nu poate fi optimist.

În cadrul sistemului nostru solar, Pământul este planeta Goldilocks* – nici prea fierbinte, nici prea rece. Dacă ar fi prea fierbinte, chiar şi cea mai rezistentă formă de viaţă ar fi prăjită. Dacă ar fi prea rece, procesele care au creat şi au întreţinut viaţa s-ar fi derulat mult mai lent. Descoperirea chiar şi a vestigiilor unor forme de viaţă altundeva în sistemul solar ar fi de o importanţă epocală. Şi asta pentru că ne-ar arăta că viaţa nu a fost o întâmplare sau o excepţie, ci a fost larg răspândită

---

* Principiul Goldilocks se referă la menţinerea echilibrului între două extreme şi îşi datorează numele basmului *Goldilocks şi cei trei ursuleţi* (1837) de Robert Southey, în care o fetiţă cu acest nume („Bucle aurii") îşi dă seama că preferă terciul nici prea fierbinte, nici prea rece (n.tr.).

în cosmos. Deocamdată cunoaștem un singur loc – Pământul – unde a început viața. Logic, este posibil (unii susțin că e chiar plauzibil) ca apariția vieții să necesite niște împrejurări atât de deosebite încât să se fi întâmplat o singură dată în întreaga noastră galaxie. Dar dacă a apărut de două ori într-un singur sistem planetar, atunci trebuie să fie răspândită.

(Există o condiție importantă: înainte de a face această inferență privind ubicuitatea vieții, trebuie să fim siguri că ambele forme de viață au apărut independent, și că nu au fost transportate dintr-un loc într-altul. Din acest motiv, viața de sub gheața de pe Europa ar limpezi discuția mai mult decât viața de pe Marte, deoarece există posibilitatea ca toți să avem origini marțiene – să fi evoluat din niște forme de viață primitive cărate pe o piatră smulsă din Marte în urma impactului cu un asteroid și proiectată spre Pământ.)

3.2. Dincolo de sistemul nostru solar

Pentru a descoperi o „proprietate imobiliară" promițătoare unde ar putea exista viață, trebuie să ne aruncăm privirea dincolo de sistemul nostru solar – dincolo de raza de acțiune a oricărei sonde

pe care o putem proiecta astăzi. Ceea ce a transformat și a dat un imbold întregului domeniu al astrobiologiei a fost înțelegerea faptului că în jurul celor mai multe stele orbitează planete. Călugărul italian Giordano Bruno a făcut speculații în acest sens în secolul al XVI-lea. Începând cu anii 1940, astronomii au bănuit că a avut dreptate. O teorie anterioară, conform căreia sistemul solar s-ar fi format dintr-un filament smuls din Soare de forța gravitațională a unei stele care a trecut prin apropiere (ceea ce ar fi presupus ca sistemele planetare să fie rare), fusese deja discreditată. Această teorie a fost înlocuită de ideea că atunci când un nor interstelar se contractă sub acțiunea gravitației pentru a forma o stea, dacă se rotește, are ca efect colateral un disc în care gazele și praful constituente se adună la un loc și formează planete. Dar abia în anii 1990 au început să apară dovezi în favoarea existenței exoplanetelor. Cele mai multe exoplanete nu sunt detectate în mod direct; existența lor este dedusă în urma observării atente a stelelor în jurul cărora acestea orbitează. Există două tehnici principale.

Iat-o pe prima. Dacă în jurul unei stele orbitează o planetă, atunci atât steaua, cât și planeta se rotesc în jurul centrului lor de greutate – care este denumit

baricentru. Steaua, fiind mai masivă, se mişcă mai încet. Dar mişcarea ciclică indusă de o planetă care orbitează în jurul ei poate fi detectată prin studiul precis al luminii stelare, care dezvăluie un efect Doppler schimbător. Primul succes a survenit în 1995, când Michel Mayor şi Didier Queloz, de la Observatorul din Geneva, au găsit o planetă „cu masa lui Jupiter" în jurul stelei apropiate 51 Pegasi[3]. În anii următori, peste 400 de exoplanete au fost descoperite în acest mod. Această tehnică a „oscilaţiei stelare" este aplicabilă în principal planetelor „uriaşe" – corpuri cereşti de talia lui Jupiter sau Saturn.

Posibilii „gemeni" ai Pământului sunt deosebit de interesanţi: planete de aceeaşi mărime cu a noastră, deplasându-se în jurul unor stele asemănătoare Soarelui, pe orbite cu temperaturi la care apa nici nu fierbe şi nici nu rămâne îngheţată. Dar a le descoperi pe acestea – de sute de ori mai mici decât Jupiter – este o reală provocare. Ele produc oscilaţii ale stelei-părinte de doar câţiva centimetri pe secundă – iar această mişcare s-a dovedit până astăzi prea mică pentru a fi detectată prin metoda Doppler (deşi instrumentele fac progrese vertiginoase).

Există însă şi o a doua tehnică: putem să urmărim „umbrirea planetelor". O stea se întunecă uşor atunci

când o planetă se află „în tranzit" prin faţa ei; aceste adumbriri se repetă la intervale regulate. Datele de acest tip dezvăluie două lucruri: intervalul dintre întunecările succesive ne indică lungimea anului planetei, iar amplitudinea întunecării ne indică a câta parte din lumina stelei este blocată de planetă în timpul tranzitării şi, prin urmare, cât este aceasta de mare.

Cea mai importantă cercetare (de până acum) dedicată planetelor care tranzitează a fost efectuată de o navă a NASA botezată după astronomul Johannes Kepler[4], care a petrecut mai bine de trei ani măsurând strălucirea a 150.000 de stele, cu o precizie de 1 la 100.000 – şi a făcut-o o dată sau de mai multe ori pe oră pentru fiecare stea. *Kepler* a descoperit mii de planete care tranzitează, dintre care unele nu erau mai mari decât Pământul. Iniţiatorul proiectului *Kepler* a fost Bill Borucki, un inginer american care lucrase pentru NASA din 1964. El a conceput acest proiect în anii 1980 şi l-a urmat cu tenacitate, în pofida dificultăţilor în obţinerea fondurilor şi a scepticismului iniţial al multor astronomi „consacraţi". Succesul lui răsunător – obţinut când avea deja peste 70 de ani – merită aprecieri deosebite. Ne reaminteşte cât de mult le datorează constructorilor de instrumente până şi cea mai „pură" ştiinţă.

Exoplanetele descoperite până acum prezintă o anumită diversitate. Unele gravitează pe orbite excentrice. O planetă are patru sori pe cerul său: orbitează în jurul unei stele binare, în jurul căreia orbitează o altă stea binară. Descoperirea a fost făcută de niște „vânători de planete" amatori; orice pasionat de astronomie avea posibilitatea să acceseze datele de la *Kepler* pentru unele stele, iar ochiul uman a fost capabil să discearnă anumite „scăderi" în strălucirea stelelor (care, în acest caz, aveau loc mai puțin regulat decât în cazul în care o planetă orbitează în jurul unei singure stele).

Există o planetă ce orbitează în jurul celei mai apropiate stele, Proxima Centauri, care se află la doar patru ani-lumină de Pământ. Proxima Centauri este o așa-numită stea pitică din clasa M, cam de o sută de ori mai palidă decât Soarele nostru. În 2017, o echipă condusă de astronomul belgian Michaël Gillon a descoperit un sistem solar miniatural al unei alte stele pitice din clasa M[5], în jurul căreia orbitează șapte planete, cu „ani" care durează între 1,5 și 18,8 ani terești. Cele trei exterioare se află în zona locuibilă. Ar fi locuri excepționale pentru a trăi acolo. Privite de pe suprafața uneia dintre planete, celelalte ar traversa cu repeziciune cerul, apărând la fel de mari pe cât ne apare nouă

Luna. Dar ele sunt foarte „nepământene". Probabil că ambele planete se rotesc sincron cu soarele lor, astfel încât îşi expun aceeaşi faţă acestuia – o emisferă veşnic luminată, iar cealaltă mereu în întuneric. (În cazul puţin probabil în care ar adăposti viaţă inteligentă, s-ar putea crea un fel de „segregare" – astronomii ar trăi izolaţi într-o emisferă, iar toţi ceilalţi, în cealaltă!). S-ar putea însă ca atmosfera lor să fi dipărut din cauza intenselor fluxuri magnetice care sunt comune stelelor pitice din clasa M, ceea ce le face mai puţin propice vieţii.

Exoplanetele cunoscute sunt aproape toate descoperite indirect, prin detectarea efectului pe care îl au asupra mişcării sau a luminozităţii stelelor în jurul cărora orbitează. Ne-am dori să le privim direct, dar acest lucru este dificil. Ca să ne dăm seama cam cât este de dificil, să presupunem că există extratereştri şi că un astronom extraterestru cu un telescop puternic priveşte Pământul de la (să zicem) treizeci de ani-lumină – distanţa până la o stea apropiată. Planeta noastră ar apărea, cum spunea Carl Sagan, ca „un palid punct albastru", foarte aproape de o stea (Soarele nostru) care străluceşte de miliarde de ori mai puternic: un licurici pe lângă un proiector. Nuanţa albăstruie ar fi uşor diferită, după cum extratereştrii ar avea în faţă

Oceanul Pacific sau suprafaţa de uscat euroasiatică. Prin inferenţă, astronomii extratereştri ar putea deduce lungimea zilei terestre, anotimpurile, existenţa continentelor şi a oceanelor, precum şi climatul. Prin analiza luminii palide, ei ar putea conchide că Pământul are o suprafaţă verde şi o atmosferă ce conţine oxigen.

Astăzi, cele mai mari telescoape terestre sunt construite de consorţiile internaţionale. Apar ca ciupercile după ploaie pe Mauna Kea (în Hawaii) şi sub cerul curat şi limpede al înălţimilor andine, în Chile. Iar Africa de Sud nu doar că deţine unul dintre cele mai mari telescoape optice din lume, dar va avea şi un rol de frunte, alături de Australia, în construcţia celui mai mare radiotelescop, Square Kilometre Array. Un telescop care este construit la ora actuală pe un vârf de munte din Chile de astronomii europeni va avea sensibilitatea necesară pentru a capta lumina de la planetele de aceeaşi mărime ca Pământul care orbitează în jurul unor stele asemănătoare Soarelui. Este numit Telescopul European Extrem de Mare (European Extremely Large Telescope – E-ELT) – o nomenclatură mai degrabă literală decât ingenioasă. Primul telescop reflector al lui Newton avea o oglindă cu diametrul de zece centimetri, a lui E-ELT va avea un diametru

de 39 de metri – un mozaic de mici oglinzi cu o suprafață totală de colectare de peste 100.000 de ori mai mare.

Din statisticile referitoare la planetele din jurul stelelor apropiate studiate până acum, putem concluziona că întreaga Cale Lactee conține în jur de un miliard de planete „asemănătoare Pământului", în sensul că sunt cam de mărimea Pământului și la o distanță față de steaua lor „părinte" care permite existența apei, fără ca aceasta să se afle în stare de fierbere sau să rămână mereu înghețată. Ne așteptăm să existe o mare diversitate: unele ar putea fi „lumi acvatice", complet acoperite de oceane, altele (ca Venus) ar putea să fi fost încălzite și sterilizate de un „efect de seră" extrem.

Câte dintre aceste planete ar putea adăposti forme de viață mult mai interesante și mai exotice decât orice am putea găsi pe Marte – sau chiar despre care s-ar putea considera că posedă inteligență? Nu știm care sunt șansele. Într-adevăr, încă nu putem exclude posibilitatea ca originea vieții – apariția, dintr-un „amestec" chimic, a unei entități metabolizante și reproducătoare – să fi implicat un accident atât de rar încât să se fi întâmplat o singură dată în întreaga noastră galaxie. Pe de altă parte, această tranziție crucială ar putea să fi fost aproape inevitabilă, dat fiind mediul adecvat.

Pur și simplu nu știm – și nu știm nici dacă chimia ADN/ARN a vieții terestre este unica posibilitate sau doar o bază chimică printre multe alte opțiuni care s-ar putea realiza în altă parte a Universului. Și – un aspect și mai vital – nu știm nici dacă apa lichidă este cu adevărat esențială. Dacă ar exista o cale chimică prin care viața ar putea apărea în lacurile reci de metan de pe Titan, definiția noastră a „planetelor locuibile" ar deveni mult mai largă.

Aceste probleme esențiale ar putea fi clarificate în curând. Originea vieții atrage acum un interes sporit; nu mai este considerată una din acele chestiuni extrem de spinoase (conștiința, de exemplu, încă se află în această categorie) care, deși vădit importante, nu par oportune sau gestionabile – fiind expediate în categoria celor „prea dificile". A înțelege începuturile vieții este important nu doar pentru a stabili probabilitatea existenței vieții extraterestre, ci și pentru că apariția vieții pe Pământ încă este un mister.

Ar trebui să fim lipsiți de prejudecăți în privința locului din cosmos unde poate apărea viața și a formelor pe care le poate lua – și să ne gândim și la forme de viață nepământene în locuri nepământene. Chiar și aici, pe Pământ, viața supraviețuiește în cele mai neospitaliere locuri – în peșteri întunecate

unde lumina soarelui nu a pătruns timp de mii de ani, în interiorul pietrelor din deșerturile aride, la mari adâncimi sub pământ și pe lângă craterele fierbinți de pe fundul celor mai adânci oceane. Este însă logic să începem cu ceea ce cunoaștem (strategia „căutării la lumina felinarului") și să facem uz de toate tehnicile disponibile pentru a afla dacă atmosfera vreunei exoplanete asemănătoare Pământului prezintă semnele unei biosfere. Indicii ar trebui să se ivească, într-un deceniu sau două, prin Telescopul Spațial James Webb, prin E-ELT și alte telescoape terestre uriașe asemănătoare, care vor apărea după 2020.

Chiar și aceste telescoape de generație viitoare vor întâmpina dificultăți în separarea spectrului atmosferei unei planete de spectrul stelei centrale mai strălucitoare. Dar, mergând cu gândul dincolo de jumătatea secolului, ne putem imagina o sumedenie de telescoape spațiale imense, fiecare cu oglinzi kilometrice subțiri ca firul de păianjen, asamblate în spațiul cosmic cu ajutorul roboților. În 2068, de centenarul fotografiei „Răsăritul Pământului" surprinsă de pe Apollo 8, un astfel de instrument ar putea să ne ofere o imagine și mai emoționantă: încă un Pământ orbitând în jurul unei stele îndepărtate.

3.3. Zborul în spațiul cosmic – cu și fără echipaj uman

Printre lecturile mele preferate din copilărie (asta se întâmpla în Anglia, demult, în anii 1950) se număra și o revistă de benzi desenate intitulată *The Eagle* (*Vulturul*), cuprinzând mai cu seamă aventurile lui „Dan Dare – Pilotul viitorului", în care desenele minunate înfățișau orașe orbitale, dispozitive dorsale cu reacție pentru zbor individual și invadatori extratereștri. Când zborul spațial a devenit o realitate, costumele astronauților de la NASA (și ale omologilor lor, „cosmonauții" sovietici) îmi erau deci familiare, la fel și procedurile de decolare, andocare ș.a.m.d. Generația mea a urmărit cu aviditate seria realizărilor eroice de pionierat: primul zbor orbital al lui Iuri Gagarin, prima ieșire în spațiu a lui Alexei Leonov și apoi, bineînțeles, aselenizările. Îmi amintesc de o vizită pe care a făcut-o în orașul meu natal John Glenn, primul american care a ajuns pe orbita Pământului. A fost întrebat la ce se gândea în timp ce stătea în conul frontal al rachetei, așteptând lansarea. A răspuns: „Mă gândeam că racheta a fost construită din douăzeci de mii de componente și că fiecare dintre

acestea fusese fabricată de către cel care făcuse oferta cu preţul cel mai mic". (Glenn avea să devină senator al SUA şi, ulterior, cel mai vârstnic astronaut atunci când, la 77 de ani, a fost membru al echipajului navetei spaţiale STS-95.)

Doar doisprezece ani s-au scurs între zborul satelitului sovietic *Sputnik I* – primul obiect artificial care a ajuns pe orbită – şi istoricul „pas mic" pe suprafaţa Lunii din 1969. Niciodată nu mai privesc Luna fără a-mi aminti de Neil Armstrong şi de Buzz Aldrin. Isprăvile lor par şi mai eroice privite retrospectiv, căci ne dăm seama că ei depindeau de o tehnologie primitivă de calcul şi de un echipament netestat. Într-adevăr, William Safire, cel care a scris discursurile preşedintelui Nixon, a conceput un elogiu la adresa astronauţilor în cazul în care aceştia s-ar fi prăbuşit pe Lună sau ar fi rămaşi izolaţi acolo:

> Soarta a hotărât ca oamenii care au păşit primii pe Lună pentru a o explora în pace să rămână pe Lună pentru a se odihni în pace. [Ei] ştiu că nu există speranţă să fie salvaţi. Dar mai ştiu şi că sacrificiul lor aduce speranţă omenirii.

O jumătate de secol mai târziu, programul Apollo va reprezenta punctul culminant al aventurii omului

în spațiu. A fost o „cursă spațială" împotriva rușilor – o competiție a superputerilor rivale. Dacă s-ar fi păstrat acel elan, cu siguranță ar fi existat deja urme de pași pe Marte; asta și aștepta generația noastră. Totuși, odată câștigată cursa, nu a mai existat nicio motivație pentru a fi continuate cheltuielile necesare. În anii 1960, NASA a absorbit mai mult de 4% din bugetul federal al SUA. Cifra actuală este de 0,6%. Tinerii de astăzi știu că americanii au trimis oameni pe Lună. Știu că egiptenii au construit piramidele. Dar aceste acțiuni par o istorie de demult, motivată de niște obiective naționale aproape la fel de bizare.

Sute de alți oameni s-au aventurat în spațiu în deceniile care au urmat – dar, în mod dezamăgitor, n-au făcut altceva decât să înconjoare Pământul pe o orbită joasă. Stația Spațială Internațională (SSI) a fost probabil cel mai scump artefact construit vreodată. Costul ei, plus al navetelor al căror principal scop a fost să o deservească (deși, între timp, au fost dezafectate), depășește cu mult douăsprezece cifre. Beneficiul tehnic și științific adus de SSI nu a fost de neglijat, dar ea a fost mai puțin rentabilă decât misiunile fără echipaj uman. Iar aceste călătorii nici nu oferă atâta emulație câtă au oferit succesele spațiale de pionierat ale rușilor și americanilor. SSI

apare la ştiri doar când ceva nu merge bine: dacă nu funcţionează toaleta, de exemplu, sau când astronauţii fac „lucruri trăsnite", cum a făcut canadianul Chris Hadfield când a cântat şi s-a acompaniat la chitară.

Hiatusul în explorarea spaţială cu echipaj uman arată că, atunci când nu există o cerere de natură economică sau politică, tot ceea se se face în mod real este mult mai puţin decât ce s-ar putea înfăptui. (Zborul supersonic este un alt exemplu – avionul Concorde a împărtăşit soarta dinozaurilor. În schimb, produsele derivate ale tehnologiei informatice s-au dezvoltat şi s-au răspândit la scară globală mult mai repede decât au prezis cei care se ocupă cu prognoza şi experţii în management.)

Cu toate acestea, tehnologia spaţială a înflorit în ultimele patru decenii. Depindem în mod curent de sateliţii orbitali de comunicaţii, de navigaţie cu ajutorul GPS-ului, de monitorizare a mediului ambiant, supraveghere şi prognoze meteorologice. Aceste servicii întrebuinţează în principal vehicule spaţiale care, deşi nu sunt operate de personal uman, sunt scumpe şi complexe. Există însă şi o piaţă în creştere pentru sateliţi miniaturali relativ ieftini, o cerere pe care mai multe companii private încearcă să o acopere.

Compania PlanetLab din San Francisco a creat și lansat roiuri de vehicule spațiale de mărimea unor cutii de pantofi, cu misiunea colectivă de a oferi imagine și acoperire globală, chiar dacă nu la o rezoluție extrem de ridicată (3-5 metri): sloganul (doar puțin exagerat) afirmă că se dorește monitorizarea fiecărui copac din lume, în fiecare zi din an. Optzeci și opt de asemenea vehicule au fost lansate în 2017 ca sarcină utilă pentru o singură rachetă indiană; rachete rusești și americane au fost întrebuințate pentru a lansa și mai multe, precum și o flotă de SkySats ceva mai mari și mai bine echipate (fiecare în greutate de o sută de kilograme). Pentru o rezoluție mult mai bună, este necesar un satelit mai mare echipat cu aparate optice mai elaborate, dar există o piață și pentru datele oferite de acești CubeSat ultilizați pentru monitorizarea culturilor agricole, a șantierelor de construcții, a vaselor de pescuit și a altora asemenea; ei sunt utili și pentru pregătirea răspunsului la dezastrele naturale. Acum pot fi lansați sateliți chiar mai mici, subțiri cât o vafă, folosind tehnologia rezultată în urma investițiilor uriașe făcute în microelectronica bunurilor de larg consum.

Telescoapele din spațiu oferă astronomiei un sprijin enorm. Orbitând mult deasupra efectelor

de estompare și absorbție ale atmosferei Pământului, ele ne-au trimis imagini clare din cele mai îndepărtate zone ale cosmosului. Au examinat cerul în spectrul razelor infraroșii, ultraviolete, X și gamma, care nu penetrează atmosfera și, prin urmare, nu pot fi observate de la sol. Au oferit dovezi pentru existența găurilor negre și a altor fenomene neobișnuite și au sondat cu mare precizie „remanențele creației" – microundele care se găsesc peste tot în univers și ale căror proprietăți prezintă indicii despre fazele incipiente ale acestuia, când întreg cosmosul observabil era comprimat la dimensiuni microscopice.

De un interes public imediat sunt descoperirile vehiculelor spațiale care au vizitat toate planetele sistemului solar. Sonda spațială *New Horizons*, trimisă de NASA, ne-a transmis imagini uimitoare de pe Pluto, aflată la o distanță de 10.000 de ori mai mare de Pământ decât Luna. Iar *Rosetta*, vehicul spațial al Agenției Spațiale Europene, a plasat un robot pe o cometă. Aceste vehicule au avut nevoie de cinci ani pentru a fi proiectate și construite, apoi de aproape alți zece ani pentru a călători spre țintele lor îndepărtate. Sonda *Cassini* a petrecut treisprezece ani studiind planeta Saturn și lunile sale și era chiar mai veche; mai bine de douăzeci

de ani au trecut de la lansarea ei până la „plonjonul" său final pe Saturn, la sfârșitul lui 2017. Nu e greu să ne închipuim cât de sofisticate ar putea fi succesoarele acestor misiuni în ziua de azi.

În cursul acestui secol, întregul sistem solar – planetele, lunile și asteroizii – va fi explorat și cartografiat de flote de minuscule sonde spațiale robotice, care vor interacționa unele cu altele ca un stol de păsări. Roboți uriași vor fi capabili să confecționeze în spațiu captatoare de energie solară și alte obiecte. Succesorii telescopului Hubble, cu oglinzi supradimensionate asamblate în condiții de gravitație zero, ne vor lărgi și mai mult viziunea asupra exoplanetelor, stelelor, galaxiilor și cosmosului. Pasul următor ar fi mineritul și fabricarea în spațiu.

Dar oare va exista un rol și pentru oameni? Nu încape îndoială că sonda *Curiosity* a NASA, un rover de mărimea unui vehicul mic, care din 2011 s-a târât de-a curmezișul unui uriaș crater marțian, ar putea să treacă pe lângă descoperiri senzaționale pe care niciun geolog uman nu le-ar putea rata. Dar capacitatea de a învăța a mașinilor se dezvoltă cu repeziciune, ca și tehnologia senzorilor. În schimb, diferența de cost dintre misiunile cu și cele fără echipaj uman rămâne enormă. Argumentele practice

în favoarea zborurilor spaţiale cu echipaj uman slăbesc cu fiecare nou progres înregistrat în domeniul roboţilor şi al miniaturizării.

Dacă ar exista o revigorare a „spiritului Apollo" şi un imbold reînnoit de a-i dezvolta moştenirea, o bază lunară permanentă deservită de personal uman ar fi o etapă credibilă. Construcţia ei ar putea fi făcută de roboţi – aducând unele resurse de pe Pământ şi extrăgând altele din solul lunar. Un teren extrem de favorabil este craterul Shackleton, aflat la polul sud al Lunii, cu un diametru de 21 de kilometri şi cu buza craterului având o înălţime de 4 kilometri. Datorită amplasamentului, buza craterului este luminată permanent de soare, fiind scutită astfel de contrastele termice extreme ce se produc în fiecare lună pe aproape toată suprafaţa selenară. Mai mult, ar putea exista multă gheaţă în interiorul mereu întunecat al craterului – crucială, evident, pentru susţinerea unei „colonii".

Ar fi logic să se construiască mai ales pe jumătatea Lunii care este orientată spre Pământ. Dar există şi o excepţie: astronomii şi-ar dori un telescop pe faţa îndepărtată, deoarece acesta s-ar afla astfel la adăpost de emisiile artificiale venite de pe Pământ – ceea ce ar oferi un mare avantaj radioastronomilor, care încearcă să detecteze emisii cosmice foarte slabe.

Programul spațial cu echipaj uman al NASA a fost restricționat mereu, de la misiunile Apollo încoace, de presiunea publică și politică menită să evite riscurile. Naveta spațială a avut două eșecuri la 135 de lansări. Astronauții sau piloții de încercare ar accepta cu dragă inimă acest nivel de risc – mai mic de 2%. Dar naveta a fost promovată, în mod imprudent, ca un vehicul sigur pentru civili (iar o profesoară, Christa McAuliffe, din programul Profesor în Spațiu al NASA, a fost una dintre victimele dezastrului navetei *Challenger*). Fiecare eșec a produs o traumă națională în Statele Unite și a fost urmat de un hiatus, timp în care s-au făcut eforturi costisitoare (cu un efect extrem de limitat) pentru a fi reduse și mai mult riscurile viitoare.

Sper că unii oameni de astăzi vor apuca să pună piciorul pe Marte – ca o aventură și ca un pas înainte spre stele. Dar NASA va întâmpina obstacole politice în realizarea acestui scop în limitele unui buget realist. China are resursele necesare, o guvernare centralizată și poate chiar și voința de a-și asuma un program similar lui Apollo. Dacă ar vrea să-și afirme statutul de superputere printr-un „spectacol spațial" și să-și proclame condiția ei egală, China ar trebui mai degrabă să sară peste unele etape decât să reia pur și simplu ceea ce au

realizat Statele Unite cu cincizeci de ani mai devreme. Deja planifică o „premieră" prin aselenizarea pe fața îndepărtată a Lunii. Un „mare salt înainte" mai evident ar implica urme de pași pe Marte, nu doar pe Lună.

Lăsându-i deoparte pe chinezi, cred că viitorul zborurilor spațiale cu echipaj uman stă în aventurierii finanțați în mod privat, pregătiți să participe la programe cu preț redus mult mai riscante decât cele pe care națiunile occidentale le-ar putea impune civililor finanțați în mod public. SpaceX, condus de către Elon Musk (care produce și mașinile electrice Tesla), sau proiectul concurent, Blue Origin, finanțat de Jeff Bezos, fondatorul Amazon, dețin nave andocate la stația spațială și în curând vor oferi zboruri orbitale clienților plătitori. Aceste proiecte – care aduc cultura din Silicon Valley într-un domeniu ce a fost mult timp dominat de NASA și de câteva conglomerate aerospațiale – au arătat că este posibil să se recupereze și să se refolosească prima treaptă a rachetei de lansare, prevestind reduceri substanțiale ale costurilor. Au inovat și au îmbunătățit rachetele mult mai repede decât au făcut-o NASA ori ESA – o rachetă SpaceX Falcon este capabilă să plaseze pe orbită o încărcătură de cincizeci de tone. În viitor, rolul agenților

naționale va fi diminuat – devenind mai asemănător cu rolul unui aeroport, decât cu al unei companii aeriene.

Dacă aș fi american, nu aș sprijini programul NASA de zboruri cu echipaj uman – aș susține că în fruntea tuturor misiunilor cu echipaj uman ar trebui să se afle companii private conduse în mod inspirat, deoarece este vorba despre întreprinderi ieftine și riscante. Ar exista în continuare mulți voluntari – unii poate că ar accepta și „bilete doar pentru dus" –, impulsionați de aceleași mobiluri ca primii exploratori sau alpiniști și alții ca ei. Într-adevăr, a venit vremea să depășim mentalitatea conform căreia explorarea spațiului ar trebui să fie un proiect național (sau chiar internațional), precum și retorica pretențioasă în care cuvântul „noi" este întrebuințat pentru a desemna omenirea în întregul ei. Există totuși unele eforturi – abordarea schimbărilor climatice, de exemplu – care nu pot fi întreprinse fără o acțiune internațională concertată. Explorarea spațiului nu trebuie să aibă însă același caracter; ar putea necesita unele reglementări publice, dar impulsul poate fi și unul privat sau corporatist.

Există planuri pentru excursii de o săptămână în jurul feței îndepărtate a Lunii – călătorind mai departe de Pământ decât a ajuns cineva vreodată

(dar evitându-se marile provocări ale aselenizării și re-lansării). S-a vândut un bilet (mi s-a spus) pentru al doilea zbor de acest fel, dar nu și pentru primul. Iar Dennis Tito, un întreprinzător și fost astronaut, s-a oferit ca, atunci când va fi disponibilă o rachetă purtătoare de mare capacitate, să trimită oameni până pe Marte și înapoi – fără amartizare. Această călătorie ar necesita cinci sute de zile petrecute în izolare. Echipajul ideal ar fi un cuplu stabil de vârstă mijlocie – suficient de vârstnic încât să nu fie deranjat de doza mare de radiații acumulată în decursul călătoriei.

Sintagma „turism spațial" ar trebui evitată. Îi amăgește pe oameni și-i face să creadă că astfel de întreprinderi ar fi uzuale și cu risc scăzut. Iar dacă aceasta va fi percepția, accidentele inevitabile vor fi la fel de traumatizante precum cele ale navetei spațiale. Aceste acțiuni îndrăznețe trebuie „vândute" ca sporturi periculoase sau ca explorări curajoase.

Cel mai important impediment în ceea ce privește zborul spațial, atât pe orbita Pământului, cât și pentru cei care se aventurează mai departe, provine din ineficiența intrinsecă a combustibilului chimic și din necesitatea implicită ca rachetele purtătoare să transporte o cantitate de combustibil mult mai mare decât sarcina utilă. Câtă vreme

suntem dependenți de combustibilii chimici, călătoriile interplanetare vor rămâne doar o provocare. Energia nucleară ar putea schimba situația. Permițând viteze de deplasare mult mai mari, ar reduce drastic timpul de tranzit până pe Marte sau către diverși asteroizi (reducând nu doar plictiseala astronauților, ci și durata expunerii lor la radiații nocive).

S-ar obține o eficiență sporită dacă rezerva de combustibil s-ar afla la sol și nu ar trebui transportată în spațiu. De exemplu, ar fi posibil din punct de vedere tehnic ca nava spațială să fie propulsată pe orbită folosind un „lift spațial" – un cablu din fibră de carbon lung de 30.000 de kilometri ancorat de Pământ (și alimentat de la sol), întinzându-se vertical pe o distanță mai mare decât cea la care se află o orbită geostațională, astfel încât să fie ținut întins de forțele centrifuge. O schemă alternativă propune un puternic fascicul laser generat de pe Pământ care să împingă o „velă" atașată navei spațiale; această soluție ar putea funcționa în cazul sondelor spațiale ușoare și, în principiu, le-ar putea accelera până la 20% din viteza luminii[6].

În treacăt fie spus, un combustibil mai eficient aflat la bord ar putea transforma zborul spațial cu echipaj uman dintr-o operație de mare precizie

într-una care aproape că nu ar mai cere vreo calificare. Șofatul ar fi o acțiune dificilă dacă, așa cum se întâmplă în cazul zborurilor spațiale în prezent, întreaga călătorie ar trebui planificată dinainte în detaliu, cu posibilități minime de deviere de la traseu. Dacă ar exista combustibil din abundență pentru corecții pe parcurs (și pentru a accelera și a frâna în voie), navigația interplanetară ar fi o acțiune care ar necesita o calificare mai redusă – mai simplă chiar decât aceea de a conduce o mașină sau un vapor, întrucât destinația se află mereu la vedere.

În jurul anului 2100, amatorii de senzații tari de genul lui (să zicem) Felix Baumgartner (parașutistul austriac care în 2012 a depășit viteza sunetului sărind dintr-un balon aflat la mare înălțime), s-ar putea să-și fi stabilit deja „baze" independente de Pământ – pe Marte sau, poate, vreun asteroid. Elon Musk (născut în 1971), fondatorul companiei SpaceX, spune că vrea să moară pe Marte – dar nu în urma impactului. Să nu vă așteptați însă vreodată la vreo emigrare în masă de pe Pământ. Iar aici sunt într-un total dezacord cu Musk și cu regretatul meu coleg Stephen Hawking de la Cambridge, care s-au entuziasmat la ideea formării rapide a unor mari comunități pe Marte. Este o iluzie periculoasă să crezi că spațiul va oferi o evadare în fața

problemelor de pe Pământ. Aceste probleme trebuie rezolvate aici. A face față schimbărilor climatice poate părea descuranjant, dar este un fleac în comparație cu teraformarea lui Marte. Niciun alt loc din sistemul nostru solar nu oferă un mediu care să fie la fel de „blând" măcar ca Antarctica sau ca vârful Everest. Nu există o „Planetă B" pentru oamenii de rând care detestă riscul.

Dar noi (și descendenții noștrii de aici, de pe Pământ) ar trebui să-i aplaudăm pe curajoșii aventurieri ai spațiului, deoarece ei sunt cei care vor juca un rol esențial în a deschide calea viitorului postuman și a stabili ce se va întâmpla în secolul ce va urma și chiar și după aceea.

3.4. Spre o epocă postumană?

De ce vor fi atât de importanți acești aventurieri ai spațiului? Spațiul cosmic este în mod inerent un mediu ostil oamenilor. Așadar, pentru că vor fi prost adaptați la noul lor habitat, pionierii exploratori vor avea un motiv mai convingător pentru a se reinventa decât noi, cei de pe Pământ. Vor utiliza superputernicele tehnologii genetice și ale cyborgilor (organisme cibernetice) care vor fi

dezvoltate în următoarele decenii. Aceste tehnologii vor fi, sperăm, strict reglementate pe Pământ, din motive care țin de etică și de prudență, dar „colonizatorii" de pe Marte vor fi departe de puterea celor care reglementează. Ar trebui să le urăm noroc în ceea ce privește modificarea propriilor descendenți astfel încât să se adapteze la medii străine. Acesta ar putea fi și primul pas spre separarea și constituirea unei noi specii. Modificarea genetică ar fi completată de tehnologia cyborgilor – ba chiar ar putea avea loc o tranziție spre inteligențe complet anorganice. Prin urmare, calea către era postumană va fi deschisă de aventurierii care călătoresc în spațiu, și nu de aceia dintre noi care sunt confortabil adaptați la viața terestră.

Înainte de a pleca de pe Pământ, indiferent de destinație, exploratorii spațiului vor ști ce-i așteaptă la sfârșitul călătoriei deoarece sondele robotice îi vor fi precedat. Exploratorii europeni din secolele trecute care s-au aventurat să străbată Pacificul s-au afundat în necunoscut într-o măsură mult mai mare decât o va face oricare dintre exploratorii viitorului (și au înfruntat pericole mai îngrozitoare) – căci nu au existat expediții pregătitoare care să întocmească hărți, așa cum vor exista pentru aventurierii spațiului. Viitorii călători în spațiu vor putea

în orice moment să comunice cu Pământul (chiar dacă cu o anumită întârziere). Dacă sondele de cercetare anterioare vor arăta că există minuni de explorat, motivul să o facă va fi unul convingător – la fel cum și căpitanul Cook a fost motivat de biodiversitatea și de frumusețile insulelor din Pacific. Dar dacă nu există altceva decât un pustiu steril acolo, ar fi mai bine ca asemenea călătorii să fie lăsate pe seama roboților constructori.

Creaturile organice au nevoie de un mediu adecvat pe suprafața unei planete, dar dacă ființele postumane vor face tranziția către inteligențele complet anorganice, nu vor mai avea nevoie de atmosferă. Și s-ar putea să prefere gravitația zero, mai ales pentru construirea unor habitate extinse, dar cu greutate scăzută. Așadar, departe în spațiu – nu pe Pământ, și nici măcar pe Marte – „creierele" nonbiologice ar putea să dezvolte puteri pe care oamenii nici măcar nu și le pot imagina. Intervalele de timp necesare pentru progresul tehnologic nu înseamnă decât o clipă în comparație cu cele ale selecției naturale darwiniste care a dus la apariția omului – și (aspect și mai relevant) ele reprezintă mai puțin de o milionime din vastele întinderi de timp cosmic care ne stau în față. Rezultatele evoluției tehnologice viitoare ar putea să-i depășească pe oameni așa cum noi depășim (intelectualicește) protozoarele.

S-ar putea ca „anorganicii" – roboții electronici inteligenți – să dobândească supremația în cele din urmă. Și asta deoarece există limite chimice și metabolice pentru mărimea și capacitatea de procesare ale creierelor organice „umede". Poate că deja aproape că le-am atins. Dar nicio astfel de limită nu va restricționa calculatoarele electronice (și cu atât mai puțin, poate, calculatoarele cuantice). Deci, după orice definiție a „gândirii", volumul și intensitatea proceselor din creierele organice de tip uman vor fi cu totul depășite de activitatea cerebrală a IA. Ne aflăm, poate, aproape de finalul evoluției darwiniste, dar un proces mai rapid, de dezvoltare dirijată artificial a inteligenței, abia începe. Se va derula cel mai repede departe de Pământ – nu m-aș aștepta la astfel de schimbări rapide ale omenirii (și cu siguranță nu mi le-aș dori) aici, pe Pământ, deși supraviețuirea noastră va depinde de capacitatea de a ne asigura că IA de pe Pământ ne va rămâne „binevoitoare".

Filosofii dezbat problema „conștiinței", întrebându-se dacă aceasta este proprie creierelor organice ale oamenilor, primatelor și câinilor. Va fi oare posibil ca roboții, chiar dacă intelectul lor pare supraomenesc, să fie totuși lipsiți de conștiință de sine sau de viață lăuntrică? Răspunsul la această

întrebare influențează în mod crucial felul în care răspundem la „preluarea puterii" de către ei. Dacă mașinile ar fi niște zombi, nu am acorda experiențelor lor aceeași valoare precum experiențelor noastre, iar viitorul postuman ar părea unul mohorât. Dar dacă ele vor fi conștiente, de ce n-ar trebui să ne bucurăm de perspectiva hegemoniei lor viitoare?

Scenariile pe care tocmai le-am descris ar avea drept consecință – fiind și un sprijin pentru stima de sine a omenirii – faptul că, chiar și în cazul în care viața va fi apărut doar pe Pământ, nu este necesar ca ea să rămână o trăsătură neesențială a cosmosului; oamenii s-ar putea afla mai aproape de începutul decât de sfârșitul unui proces prin care inteligența tot mai complexă se răspândește în galaxie. Saltul spre stelele învecinate este doar una dintre primele etape ale acestui proces. Călătoriile interstelare – sau chiar intergalactice – nu i-ar înspăimânta pe cei ce vor fi aproape nemuritori.

Chiar dacă nu suntem ramura terminală a unui arbore evolutiv, noi, oamenii, ne-am putea asuma importanța cosmică de a fi inițiat tranziția spre entități electronice (și potențial nemuritoare), care să-și extindă influența mult dincolo de granițele planetei noastre și să ne depășească cu mult limitele.

Dar, în acest caz, motivele şi constrângerile etice vor depinde de răspunsul la o mare întrebare a astronomilor: există deja viaţă – viaţă inteligentă – în univers?

3.5. Inteligenţă extraterestră?

Nişte dovezi clare pentru existenţa vegetaţiei, a unor insecte primitive sau a bacteriilor pe o exoplanetă ar fi importante. Dar ceea ce alimentează cu adevărat imaginaţia populară este posibilitatea să existe forme de viaţă avansate – „extratereştrii" familiari nouă din producţiile science-fiction[7]

Chiar dacă formele de viaţă primitive ar fi ceva comun, formele de viaţă „avansate" ar putea să lipsească, căci apariţia lor poate depinde de multe împrejurări. Cursul evoluţiei pe Pământ a fost influenţat de erele glaciare, de istoria tectonică a planetei noastre, de impactul cu asteroizi şi aşa mai departe. Mai mulţi autori au speculat în legătură cu „strangulările" evoluţiei – faze-cheie care sunt greu de parcurs. Poate că tranziţia la viaţa pluricelulară (care a durat 2 miliarde de ani pe Pământ) a fost una dintre acestea. Sau „strangularea" ar fi putut surveni mai târziu. Dacă, de pildă,

dinozaurii nu ar fi dispărut, lanțul evoluției mamiferelor care a dus la om ar fi putut lua sfârșit; nu putem ști dacă vreo altă specie ne-ar fi preluat rolul. Unii evoluționiști privesc apariția inteligenței ca pe un eveniment improbabil, chiar și într-o biosferă complexă.

Este posibil – și chiar îngrijorător – să existe o „strangulare" în propria noastră fază de evoluție – faza în care ne aflăm în acest secol, când viața inteligentă dezvoltă tehnologii puternice. Prognoza pe termen lung pentru viața „originară de pe Pământ" depinde de supraviețuirea omenirii dincolo de această fază – în pofida vulnerabilității la tipurile de riscuri pe care le-am discutat în capitolele anterioare. Pentru aceasta, nu este necesar ca nicio catastrofă terminală să nu se abată asupra Pământului, ci este suficient ca, înainte de ea, unii oameni sau unele artefacte să se fi răspândit dincolo de limitele planetei lor de origine.

După cum am subliniat, știm prea puține despre modul cum a apărut viața ca să putem spune dacă inteligența extraterestră este posibilă sau nu. Cosmosul ar putea fi plin de forme variate de viață complexă; dacă așa stau lucrurile, putem năzui să devenim niște membri mai puțin importanți ai unui „club galactic". Pe de altă parte, apariția

inteligenței ar putea necesita un șir de evenimente atât de rar întâlnit – asemenea câștigului la loterie –, încât ea să nu fi apărut nicăieri altundeva. Acest fapt i-ar dezamăgi pe cei aflați în căutarea extratereștrilor, dar ar sugera că Pământul nostru ar putea fi cel mai important loc din galaxie și că viitorul său are consecințe cosmice.

Ar fi pur și simplu o descoperire epocală să detectăm vreun „semnal" cosmic vădit artificial – „bipuri" radio sau sclipiri luminoase provenind de la vreun laser celest care scanează Pământul. Căutarea Vieții Extraterestre Inteligente (Searches for Extraterrestrial Intelligence, SETI) merită efortul, chiar dacă șansele de succes par minime, deoarece miza este extrem de mare. Căutările anterioare conduse de Frank Drake, Carl Sagan, Nikolai Kardașev și alții nu au descoperit nimic artificial. Dar erau foarte limitate – ca și cum ai afirma că nu există viață în oceane după ce ai analiza un pahar cu apă de mare. De aceea ar trebui să salutăm demararea proiectului Breakthrough Listen, un angajament pe zece ani al lui Iuri Milner, un investitor rus, de a rezerva contra cost timp pe radiotelescoapele cele mai bune din lume și a dezvolta instrumente pentru scanarea cerului într-o manieră mai susținută și totodată mai extensivă decât până acum.

Cercetările vor acoperi o gamă largă de frecvențe radio și microunde, utilizând un echipament de procesare a semnalelor creat special în acest scop. Ele vor fi completate de căutarea unor „scânteieri" de lumină vizibilă sau de raze X care nu par a avea origini naturale. Mai mult, apariția mediilor de socializare online și a științelor colaborative sau „cetățenești" va permite unei comunități globale de amatori entuziaști să descarce date și să participe la această aventură cosmică.

În cultura de masă, extratereștrii sunt reprezentați ca niște ființe vag umanoide – în general bipede, poate și cu tentacule sau ochi telescopici. Poate că astfel de creaturi există. Dar nu sunt tipul de extraterestru pe care e cel mai probabil să-l detectăm. Aș susține cu tărie că o emisie extraterestră, dacă ar fi s-o descoperim, ar proveni mai degrabă de la niște creiere electronice formidabil de complicate și de puternice. Fac această inferență pe baza a ceea ce s-a petrecut pe Pământ și – mai important – pe baza așteptărilor noastre legate de evoluția vieții și a inteligenței în viitorul îndepărtat. Primele microorganisme au apărut când Pământul era încă tânăr, acum aproape patru miliarde de ani; această biosferă primordială a evoluat devenind rețeaua minunat de complexă a vieții de astăzi – din

care şi noi, oamenii, facem parte. Dar oamenii nu sunt punctul terminus al acestui proces – ba chiar ar putea să nu fie plasaţi nici măcar la jumătatea lui. Aşa că evoluţia viitoare – epoca postumană, în care creaturile dominante nu vor fi din carne şi sânge – ar putea să mai dureze miliarde de ani.

Să presupunem că ar exista multe alte planete pe care viaţa a apărut şi că pe unele dintre ele evoluţia darwinistă ar fi urmat un traseu similar cu ceea ce s-a petrecut pe Pământ. Chiar şi atunci, este extrem de improbabil ca etapele-cheie să fi fost sincronizate. Dacă apariţia inteligenţei şi a tehnologiei pe o planetă ar fi semnificativ întârziată faţă de ceea ce s-a întâmplat pe Pământ (fie pentru că planeta este mai tânără, fie pentru că depăşirea „strangulărilor" a durat mai mult), atunci planeta respectivă nu ar oferi dovezi ale existenţei extratereştrilor. Dar în jurul unei stele mai vechi decât Soarele viaţa ar putea să fi apărut mai repede cu un miliard de ani sau chiar mai mulţi.

Istoria civilizaţiei tehnologice umane se măsoară în milenii (cel mult) – şi poate că au mai rămas doar un secol sau două până când oamenii vor fi ajunşi din urmă sau depăşiţi de inteligenţa anorganică, o inteligenţă care va persista şi va continua să evolueze miliarde de ani. Dacă inteligenţa

„organică" umană este, în general, doar un scurt interludiu înainte ca mașinile să preia comanda, este extrem de improbabil să „prindem" inteligența extraterestră în timpul extrem de scurt în care aceasta mai este organică. Dacă ar fi să detectăm extratereștri, este cu mult mai probabil ca ei să fie electronici.

Și chiar dacă cercetarea ar fi încununată de succes, tot ar fi improbabil ca „semnalul" să fie un mesaj posibil de decodat. Ar fi mai degrabă un produs secundar (sau chiar o defecțiune) al unei mașinării supercomplexe, una aflată mult dincolo de puterea noastră de înțelegere, și care și-ar putea stabili ascendența până la niște ființe extraterestre organice (ce s-ar putea să mai existe încă pe planeta lor de origine ori să fi dispărut de mult). Singurul tip de inteligență ale cărei mesaje le-am putea decoda ar fi (poate mici) subansambluri care întrebuințează o tehnologie ce se potrivește cu conceptele noastre limitate. Prin urmare, cum am putea ști dacă un semnal este un mesaj intenționat sau doar o „scurgere" întâmplătoare? Am putea stabili vreo comunicare?

Filosoful Ludwig Wittgenstein a spus: „Dacă un leu ar putea vorbi, nu l-am putea înțelege". Ar fi „decalajul cultural" dintre noi și extratereștri insurmontabil? Nu neapărat, cred eu. La urma urmei,

dacă ar reuși să comunice, ar avea în comun cu noi o anumită înțelegere a fizicii, matematicii și astronomiei. Ar putea să vină de pe planeta Zog și să aibă șapte tentacule; ar putea să fie metalici și electronici. Dar ar fi compuși din atomi similari cu ai noștri; ar privi (dacă ar avea ochi) același cosmos și și-ar urmări originea până la aceleași începuturi fierbinți și dense – Big Bangul de acum circa 13,8 miliarde de ani. Nu putem spera însă că vom avea cu ei vreo conversație cu replici vioaie – dacă există, ei s-ar afla atât de departe de noi, încât schimbul de mesaje ar dura decenii sau chiar secole.

Chiar dacă inteligența ar fi larg răspândită în cosmos, s-ar putea să recunoaștem doar o mică și atipică parte din ea. Anumite „creiere" ar putea împacheta realitatea în moduri pe care noi să nu le putem concepe. Altele ar putea duce o viață contemplativă prin care să-și conserve energia, fără să facă nimic pentru a-și dezvălui prezența. E logic să ne concentrăm atenția mai întâi asupra planetelor asemănătoare Pământului și care orbitează în jurul unor stele bătrâne. Dar autorii de science-fiction ne reamintesc că există și posibilități mai exotice. Mai cu seamă, obiceiul de a ne referi la o „civilizație extraterestră" ar putea fi prea restrictiv. O „civilizație" implică o societate de indivizi; în schimb,

extratereștrii ar putea fi o inteligență unică, integrată. Chiar dacă ar emite semnale, s-ar putea ca noi să nu ne dăm seama că sunt artificiale pentru că e posibil să nu știm cum să le decodăm. Un inginer electronist veteran familiarizat numai cu modulația în amplitudine ar întâmpina dificultăți în decodarea comunicațiilor fără fir moderne. Într-adevăr, tehnicile de compresie au scopul de a apropia cât mai mult semnalul de zgomot – drept urmare, în măsura în care un semnal este predictibil, e loc de și mai multă compresie.

Atenția s-a îndreptat până acum spre domeniul radio al spectrului. Dar, bineînțeles, în starea noastră de ignoranță cu privire la ceea ce ar putea fi acolo, ar trebui să explorăm toate benzile de frecvențe, să investigăm și spectrul optic, și cel al razelor X, și să fim atenți și la alte semne posibile ale unor fenomene sau activități nenaturale. S-ar putea căuta dovezi ale existenței moleculelor create artificial, precum clorofluorocarburile (CFC), în atmosfera unei exoplanete sau a unor artefacte masive precum o sferă Dyson. (Această idee, pe care o datorăm lui Freeman Dyson, presupune că o civilizație risipitoare de energie ar putea capta întreaga energie a stelei-părinte înconjurând-o cu celule fotovoltaice, iar „căldura reziduală" ar apărea

ca emisie infraroşie.) Şi merită să căutăm artefacte în propriul nostru sistem solar; poate că vom elimina ipoteza vizitelor unor extratereştri de talie umană, dar dacă o civilizaţie extraterestră a ajuns să stăpânească nanotehnologia şi şi-a transferat inteligenţa unor maşini, „invazia" ar putea consta într-un roi de sonde microscopice care să ne fi scăpat atenţiei. Merită chiar să fim atenţi la obiectele deosebit de strălucitoare ori de forme ciudate ascunse printre asteroizi. Dar, cu siguranţă, este mai simplu să trimiţi un semnal radio sau laser decât să străbaţi distanţele uriaşe din spaţiul interstelar.

Cred că nici cei mai optimişti cercetători SETI nu şi-ar acorda o şansă de succes mai mare de câteva procente – iar cei mai mulţi dintre noi sunt şi mai pesimişti. Dar este atât de fascinant, încât pariul pare să merite făcut – cu toţii am vrea să vedem căutările începând chiar din timpul vieţii noastre. Există două maxime cunoscute care se referă la această căutare: „Afirmaţiile extraordinare au nevoie de dovezi extraordinare" şi „Absenţa dovezilor nu este o dovadă a absenţei".

De asemenea, trebuie să realizăm cât de surprinzătoare pot fi anumite fenomene naturale. De exemplu, în 1967, astronomii de la Cambridge au

descoperit niște „bipuri" radio care se repetau de câteva ori pe secundă. Ar fi putea fi acestea o transmisie extraterestră? Unii au fost dispuși să accepte o astfel de posibilitate, dar în curând a devenit evident că acele bipuri proveneau de la un fel de obiect foarte dens, neidentificat până atunci: stele neutronice, care au doar câțiva kilometri în diametru și se rotesc de câteva ori (uneori de câteva sute de ori) pe secundă, trimițând din adâncul spațiului înspre noi o radiație asemănătoare unui „fascicul de far". Studiul stelelor neutronice – dintre care sunt cunoscute câteva mii – s-a dovedit a fi un subiect extrem de incitant și de fructuos, deoarece ele sunt manifestări fizice extreme, de pe când natura a creat condiții pe care noi nu le-am putea reproduce niciodată în laborator[8]. Mai recent, a fost descoperită o nouă și uimitoare clasă de „explozii radio", care au emisii mai puternice chiar decât pulsarii[9], dar pentru care tendința generală este de a se căuta explicații naturale.

SETI depinde de filantropia privată. Eșecul în atragerea de fonduri publice mă surprinde. Dacă m-aș afla în fața unui comitet guvernamental, m-aș simți mai puțin vulnerabil și mai în largul meu susținând un proiect SETI decât solicitând fonduri

pentru un nou și imens accelerator de particule. Aceasta deoarece mii și mii dintre cei care vizionează filme gen *Războiul stelelor* ar fi fericiți dacă o parte a veniturilor provenite din taxele pe care acestea le-au produs ar fi alocate pentru SETI.

Poate că într-o zi vom găsi dovezi ale vieții extraterestre inteligente – sau chiar (deși este mai puțin probabil) ne vom „cupla" la o minte cosmică. Pe de altă parte, s-ar putea ca Pământul nostru să fie unic, iar cercetările să eșueze. Cercetătorii ar fi dezamăgiți. Dar ar exista un efect pozitiv asupra capacității de supraviețuire pe termen lung a omenirii. Sistemul nostru solar are abia o vârstă mijlocie, iar dacă oamenii vor evita autodistrugerea în secolul următor, o eră postumană va urma cu certitudine. Inteligența de pe Pământ s-ar putea răspândi în întreaga galaxie, evoluând într-o complexitate copleșitoare, mult dincolo de ceea ce ne-am putea imagina. Dacă se va întâmpla așa, mica noastră planetă – acest palid punct albastru plutind în spațiu – ar putea fi cel mai important loc din întregul cosmos.

În orice caz, habitatul nostru cosmic – acest firmament imens de stele și galaxii – pare „proiectat" sau „calibrat" pentru a găzdui viața. De la un simplu Big Bang, s-a dezvoltat o uimitoare complexitate,

care a dus la apariția noastră ca indivizi. Chiar dacă astăzi suntem singuri în univers, s-ar putea să nu fim punctul culminant al acestei „deplasări" spre complexitate și conștiință. Acest fapt ne spune ceva foarte profund despre legile naturii – și justifică o scurtă digresiune, cea din capitolele următoare, despre cele mai largi orizonturi în timp și spațiu pe care le pot concepe cosmologii.

4. Limitele şi viitorul ştiinţei

4.1. De la simplu la complex

O speculaţie ficţională: să presupunem că o „maşină a timpului" ne-ar permite să trimitem un mesaj succint marilor oameni de ştiinţă din trecut – Newton sau Arhimede, de exemplu. Ce mesaj le-ar transmite cât mai multă informaţie şi le-ar transforma viziunea asupra lumii? Cred că ar fi minunata înţelegere a faptului că noi înşine – dar şi tot ce există în lumea înconjurătoare – suntem compuşi din mai puţin de o sută de tipuri diferite de atomi: mult hidrogen, oxigen şi carbon, mici, dar esenţiale combinaţii de fier, fosfor şi alte elemente. Toate materiile – vii sau moarte – îşi datorează structura modelelor complicate în care atomii se agregă şi felului cum reacţionează. Toată chimia e determinată de interacţiunile dintre nucleele de atomi încărcate pozitiv şi roiul de electroni încărcaţi negativ de care sunt înconjurate.

Atomii sunt simpli; putem așterne pe hârtie ecuațiile mecanicii cuantice (ecuația lui Schrödinger) care descriu proprietățile lor. La fel sunt, la scară cosmică, și găurile negre, pe care le putem clarifica prin ecuațiile lui Einstein. Aceste „elemente de bază" sunt înțelese suficient de bine pentru a le permite inginerilor să proiecteze toate obiectele lumii moderne. (Teoria relativității generalizate a lui Einstein și-a găsit o aplicație practică în sateliții GPS; ceasurile lor și-ar pierde acuratețea dacă n-ar fi corectate adecvat în funcție de gravitație.)

Structura complicată a tuturor organismelor vii atestă că straturile suprapuse ale complexității pot apărea ca rezultat al acțiunii unor legi fundamentale. Jocurile matematice ne pot ajuta să înțelegem cum niște reguli simple, reiterate în mod repetat, pot avea consecințe surprinzător de complicate.

John Conway, în prezent la Universitatea Princeton, este una dintre cele mai carismatice figuri ale matematicii[1]. Când preda la Cambridge, studenții au înființat o „societate de apreciere a lui Conway". Cercetarea sa academică ține de o ramură a matematicii cunoscută drept teoria grupurilor. El a ajuns însă la un public mai larg și a obținut un impact intelectual mai mare prin elaborarea Jocului Vieții.

În 1970, Conway experimenta cu modele pe o tablă de go; dorea să inventeze un joc care să înceapă cu un model simplu şi să folosească reguli simple pentru a se tot reitera. A descoperit că prin ajustarea regulilor şi a modelelor iniţiale, unele configuraţii produc rezultate incredibil de complicate – aparent din senin, de vreme ce regulile jocului sunt atât de simple. Au apărut „creaturi" care se mişcau de-a lungul tablei de joc şi care păreau să aibă o viaţă proprie. Regulile simple specificau doar când un pătrat alb se transformă într-un pătrat negru (şi viceversa), dar, aplicate în mod repetat, dădeau naştere unei fascinante varietăţi de modele complicate. Adepţii jocului identificau obiecte precum „planoare", „lansatoare de planoare" şi alte modele care se reproduceau.

Conway a experimentat mult cu metoda „învăţării din greşeli" înainte de a crea o „lume virtuală" simplă care permitea apariţia unei diversităţi interesante. A folosit pixul şi foaia de hârtie, pe vremea când încă nu existau calculatoare personale, dar implicaţiile Jocului Vieţii au devenit evidente doar când s-a putut utiliza viteza de procesare a calculatoarelor. În mod similar, primele PC-uri le-au permis lui Benoit Mandelbrot şi altora să traseze magnifice modele de fractali – arătând cum nişte formule

matematice simple pot codifica o complexitate aparentă uluitoare.

Cei mai mulți oameni de știință împărtășesc perplexitatea exprimată într-un eseu clasic de fizicianul Eugene Wigner, intitulat „Eficiența nerezonabilă a matematicii în științele naturale"[2]. De asemenea, ei sunt de acord cu maxima lui Einstein potrivit căreia „cel mai de neînțeles lucru în privința Universului e că el poate fi înțeles". Suntem uimiți că lumea fizică nu este anarhică – și că atomii se supun acelorași legi atât în galaxiile îndepărtate, cât și în laboratoarele noastre. Așa cum am observat deja (secțiunea 3.5), dacă vom descoperi vreodată extratereștri și vom vrea să comunicăm cu ei, matematica, fizica și astronomia ar fi probabil singura cultură comună. Matematica e limbajul științei – și așa a fost dintotdeauna, de când babilonienii au inventat calendarul lor și au prezis eclipsele. (Unii dintre noi ar considera, într-un mod similar, că muzica e limbajul religiei.)

Paul Dirac, unul dintre pionierii teoriei cuantice, a arătat cum logica internă a matematicii ar putea conduce către noi descoperiri. Dirac a afirmat că „metoda cea mai puternică pentru a progresa e să folosim toate resursele matematicii pure în încercarea de a perfecționa și a generaliza formalismul

matematic, care constituie baza actuală a fizicii teoretice şi – după fiecare succes în această direcţie – să încercăm să interpretăm noile elemente matematice în termeni de entităţi fizice"[3]. Această abordare – să ne îndreptăm încotro ne duce matematica – l-a condus pe Dirac la ideea antimateriei: „antielectronii", cunoscuţi astăzi drept pozitroni, au fost descoperiţi la doar câţiva ani după ce el a formulat o ecuaţie care ar fi părut de neacceptat fără ei.

Teoreticienii din zilele noastre, având aceleaşi motivaţii ca şi Dirac, speră să înţeleagă realitatea la un nivel mai profund prin explorarea unor concepte precum teoria coardelor, care implică dimensiuni cu mult mai mici decât cele pe care le putem sonda în mod direct. În mod similar, la cealaltă extremă, unii explorează teorii cosmologice care sugerează că universul e mult mai întins decât „peticul" pe care-l putem observa cu telescoapele noastre (vezi secţiunea 4.3).

Fiecare structură din univers e compusă din „cărămizi" guvernate de legi matematice. Cu toate acestea, structurile sunt în general atât de complicate încât nici cele mai puternice computere nu le pot calcula. Dar poate că în viitorul îndepărtat inteligenţa postumană (nu într-o formă organică,

ci în obiecte care evoluează autonom) va dezvolta supercomputere cu o putere de procesare care să permită simularea organismelor vii și chiar a unor lumi întregi. Poate că ființele avansate vor folosi supercomputere pentru a simula un „univers" care depășește cu mult modelele de pe o tablă (precum jocul lui Conway) sau chiar cele mai reușite „efecte speciale" din filme sau din jocurile pe calculator. Să presupunem că ar putea simula un univers la fel de complex precum cel în care percepem că ne aflăm. Apare atunci un gând tulburător (deși e o speculație extravagantă): poate că asta chiar suntem de fapt!

4.2. Să înțelegem lumea noastră complexă

Posibilități care odinioară erau de domeniul SF-ului au intrat astăzi în dezbaterea științifică serioasă. De la primele momente ale Big Bangului la posibilitatea existenței vieții extraterestre, oamenii de știință sunt puși în fața unor lumi chiar mai bizare decât cele imaginate de majoritatea scriitorilor de ficțiune. La prima vedere, s-ar putea crede că e o dovadă de aroganță să pretindem – sau chiar să încercăm – să înțelegem cosmosul îndepărtat, în vreme ce există atât de multe lucruri în jurul nostru care ne derutează.

Dar aceasta nu este neapărat o evaluare justă. Un întreg mai simplu decât părțile sale nu are nimic paradoxal. Imaginați-vă o cărămidă obișnuită – forma ei poate fi descrisă prin câteva numere. Însă dacă o spargeți, fragmentele ei nu mai pot fi descrise la fel de succint.

Progresul științific pare „peticit". Deși poate să pară ciudat, unele dintre cel mai bine înțelese fenomene țin de cosmosul îndepărtat. Chiar și în secolul al XVII-lea, Newton a putut descrie „mecanica cerească", iar eclipsele au putut fi deopotrivă înțelese și prezise. Dar puține alte lucruri sunt la fel de previzibile, chiar dacă le înțelegem. De pildă, este dificil să prevedem, chiar și numai cu o zi înainte, dacă cei care vor călători pentru a observa o eclipsă vor avea un cer senin sau noros. De fapt, în cele mai multe contexte, există o limită fundamentală care stabilește cât de departe în timp putem să prognozăm. Aceasta deoarece unele contingențe mărunte – dacă un fluture dă sau nu din aripi, de pildă – pot avea consecințe care cresc exponențial. Din motive similare, nici cel mai minuțios calcul nu poate să prognozeze vremea în Marea Britanie nici măcar cu câteva zile înainte. (Dar – și acest aspect este important – asta nu împiedică predicțiile legate de schimbarea pe termen lung a climei, nici

nu ne diminuează convingerea că va fi mai rece în ianuarie decât în iulie).

Astăzi, astronomii pot atribui în mod convingător infime vibrații dintr-un detector de unde gravitaționale unei „ciocniri" între două găuri negre aflate la o depărtare de peste un miliard de ani lumină de Pământ[4]. În schimb, competența noastră în niște chestiuni familiare care ne interesează pe toți – dieta și îngrijirea copilului, spre exemplu – este în continuare atât de limitată, încât sfaturile „experților" se schimbă de la un an la altul. Când eram tânăr, laptele și ouăle erau considerate benefice; un deceniu mai târziu, erau socotite periculoase din pricina conținutului ridicat de colesterol; iar astăzi par să fie considerate din nou inofensive. Așadar, fanii ciocolatei și ai brânzeturilor s-ar putea să nu mai aibă mult de așteptat până să afle că aceste alimente sunt benefice pentru ei. În plus, nu există încă niciun leac pentru multe dintre afecțiunile cele mai comune.

Dar, de fapt, nu este nimic paradoxal în faptul că am ajuns la înțelegerea certă a unor fenomene cosmice obscure și îndepărtate, în timp ce suntem confuzi în ce privește problemele care țin de domeniul cotidianului. Motivul este că astronomia se ocupă cu fenomene mult mai puțin complexe

decât cele cu care se ocupă biologia și științele umane (sau chiar științele mediului „local").

* * *

Așadar, cum ar trebui să definim sau să măsurăm complexitatea? O definiție formală a fost sugerată de matematicianul rus Andrei Kolmogorov: complexitatea unui obiect depinde de lungimea celui mai scurt program de calculator care ar putea genera o descriere completă a lui.

Ceva compus din numai câțiva atomi nu poate fi foarte complicat. Nici obiectele mari nu sunt neapărat complexe. Gândiți-vă, de pildă, la un cristal – chiar dacă ar fi mare, nu ar fi considerat complex. De exemplu, rețeta pentru un cristal de sare e scurtă: luați atomi de sodiu și de clor și combinați-i în mod repetat până ajungeți la o structură cubică. Invers, dacă luați un cristal mare și-l despicați, nu se schimbă mai nimic până când e fărâmițat la scară atomică. În pofida dimensiunilor gigantice, o stea e și ea relativ simplă. Centrul ei este atât de fierbinte încât nu pot exista substanțe chimice (moleculele complexe sunt desfăcute); este, de fapt, un gaz amorf de nuclee

atomice și electroni. În realitate, găurile negre, chiar dacă par stranii, sunt unele dintre cele mai simple entități din natură. Pot fi descrise precis prin ecuații care nu sunt mai complicate decât cele ce descriu un singur atom.

Obiectele noastre de înaltă tehnologie sunt complexe. De exemplu, un cip de siliciu cu un miliard de tranzistori are structură la toate nivelurile până la câțiva atomi. Dar cele mai complexe sunt organismele vii. Un animal are o structură internă interconectată pe mai multe niveluri diferite – de la proteinele din celulele individuale, până la membre și la organele majore. Nu-și păstrează esența dacă este „despicat". Moare. Oamenii sunt mai complecși decât atomii sau stelele (și, în treacăt fie spus, ca masă se află la mijloc între cele două; pentru a compune Soarele am avea nevoie cam de tot atâtea corpuri omenești câți atomi sunt în fiecare din noi). „Rețeta" genetică pentru o ființă umană este codificată în trei miliarde de legături ADN. Dar nu suntem determinați în totalitate de genele noastre; suntem modelați de mediul și experiențele noastre. Creierul nostru e cel mai complex lucru din univers pe care îl cunoaștem. Gândurile și amintirile (codificate de neuronii noștri) sunt mult mai variate decât genele.

Totuși, există o diferență importantă între „complexitatea Kolmogorov" și faptul că un anumit lucru pare complicat. De pildă, Jocul Vieții al lui Conway conduce la structuri cu aspect complicat. Dar acestea pot fi descrise toate printr-un program simplu: iei o anumită poziție de start, apoi faci iterații, iar și iar, urmând regulile simple ale jocului. Modelul extrem de complicat de fractal al mulțimii lui Mandelbrot este, la fel, rezultatul unui algoritm simplu. Dar acestea sunt excepții. Cele mai multe lucruri din mediul nostru cotidian sunt prea complicate pentru a fi prezise sau chiar pentru a fi descrise în întregime și detaliat. Dar o mare parte din esența lor poate fi surprinsă cu toate acestea în câteva intuiții-cheie. Perspectiva noastră a fost transformată de mari idei unificatoare. Conceptul deplasării continentelor (tectonica plăcilor) ne ajută să îmbinăm o mulțime de tipare geologice și ecologice de pe tot globul. Perspectiva lui Darwin privind evoluția prin selecție naturală dezvăluie unitatea atotcuprinzătoare a întregii rețele a vieții de pe planetă. Iar spirala dublă a ADN-ului dezvăluie fundamentul universal al eredității. Există tipare în natură. Există tipare chiar și în comportamentul omenesc – în felul cum cresc orașele, cum se propagă epidemiile și cum se dezvoltă

tehnologiile precum cipurile pentru calculatoare. Cu cât înțelegem mai bine lumea, cu atât ea devine mai puțin derutantă și cu atât suntem mai capabili s-o schimbăm.

Științele pot fi privite ca o ierarhie, ordonate ca etajele unei clădiri, cele care tratează sistemele mai complexe fiind plasate în partea superioară: fizica particulelor la subsol, apoi restul fizicii, apoi chimia, apoi biologia celulară, apoi botanica și zoologia, apoi științele comportamentale și cele umane (iar economiștii ar revendica mansarda).

„Ordonarea" științelor în această ierarhie nu e controversată. Mai controversat e însă sensul în care științele de la „etajele inferioare" – fizica particulelor în special – sunt mai profunde sau mai fundamentale decât celelalte. Într-un fel, chiar și sunt. Așa cum a remarcat fizicianul Steven Weinberg: „Toate săgețile sunt îndreptate jos". Altfel spus, dacă întrebi întruna „De ce? De ce? De ce?", ajungi la nivelul particulelor. Oamenii de știință sunt aproape toți reducționiști în maniera lui Weinberg; au încredere că totul, oricât de complex ar fi, este o soluție la ecuația lui Schrödinger – spre deosebire de „vitaliștii" din epocile anterioare, care credeau că toate organismele vii sunt îmbibate cu o anumită esență „specială". Dar acest reducționism nu este

folositor din punct de vedere conceptual. Cum a subliniat un alt mare fizician, Philip Anderson, „mai mult înseamnă diferit": sistemele macroscopice care conțin un număr mare de particule manifestă proprietăți „emergente" și pot fi înțelese cel mai bine în funcție de noi concepte, adecvate nivelului sistemului.

Chiar și un fenomen atât de puțin misterios precum curgerea apei prin conducte sau în râuri e înțeles potrivit unor concepte „emergente" ca vâscozitatea și turbulența. Specialiștilor în mecanica fluidelor nu le pasă că apa este compusă de fapt din molecule de H_2O; ei văd apa ca pe un continuum. Chiar dacă ar avea un hipercomputer care ar putea rezolva ecuația lui Schrödinger pentru curgere, atom cu atom, simularea rezultată n-ar putea furniza nicio înțelegere a modului în care se sparg valurile sau a motivului pentru care o curgere devine turbulentă. Iar noi concepte ireductibile sunt și mai importante pentru înțelegerea noastră referitoare la fenomene cu adevărat complicate – de pildă, migrația păsărilor sau creierul omenesc. Fenomene situate la diferite niveluri ierarhice sunt înțelese în funcție de diferite concepte – turbulență, supraviețuire, alertă etc. Creierul este o îmbinare de celule; o pictură este o îmbinare de pigmenți.

Dar importante și interesante sunt tiparele și structura: complexitatea emergentă.

De aceea, analogia cu clădirea este slabă. Întreaga structură a clădirii este periclitată de o fundație șubredă. În schimb, științele de la „nivelurile superioare" care au ca obiect sistemele complexe nu sunt vulnerabile din pricina unei temelii nesigure, așa cum este o clădire. Fiecare știință are propriile concepte și moduri de explicare distincte. Reducționismul este adevărat într-un anumit sens. Dar este rareori adevărat într-un sens *util*. Doar în jur de 1% dintre oamenii de știință se ocupă cu fizica particulelor sau cu cosmologia. Ceilalți 99% lucrează la nivelurile „superioare" ale ierarhiei. Pentru ei, constituie o provocare complexitatea subiectelor proprii, nu deficiențele în înțelegerea fizicii subnucleare.

4.3. Cât de departe se întinde realitatea fizică?

Soarele s-a format acum 4,5 miliarde de ani, dar mai are în jur de 6 miliarde de ani până va rămâne fără combustibil. Apoi va exploda, înghițind planetele din preajmă. Iar universul în expansiune va

continua – probabil pe vecie – să devină tot mai rece și tot mai gol. Ca să-l citez pe Woody Allen, eternitatea e foarte lungă, mai ales spre sfârșit.

Ființele care vor fi martore la extincția Soarelui nu vor fi oameni – vor fi la fel de diferite de noi cum suntem noi față de gândaci. Evoluția postumană – pe Terra și mult dincolo de granițele ei – ar putea fi la fel de îndelungată ca evoluția darwinistă din care am apărut noi – și chiar mai captivantă. Iar evoluția se accelerează acum; ea se poate produce prin „design inteligent" la o scală temporală tehnologică, operând mult mai rapid decât selecția naturală și stimulată fiind de progresele din genetică și IA. Viitorul pe termen lung aparține probabil „viețiii" electronice, nu celei organice (vezi secțiunea 3.3).

În termeni cosmologici (sau chiar într-un cadru temporal darwinist), un mileniu e doar o clipă. Așadar, să „derulăm repede înainte" nu doar câteva secole sau chiar milenii, ci un interval temporal „astronomic" de milioane de ori mai mult de atât. „Ecologia" nașterilor și pieirii stelor din galaxia noastră va continua tot mai lent, până când va fi zdruncinată de un impact cu galaxia Andromeda, probabil peste patru miliarde de ani. Reziduurile galaxiei noastre, Andromeda și „partenerii" mai

mărunți – care acum constituie ceea ce se numește Grupul Local – vor agrega apoi într-un roi amorf de stele.

La scara cosmică, atracția gravitațională e învinsă de o misterioasă forță latentă din spațiul vid care îndepărtează galaxiile unele de celelalte. Galaxiile accelerează și dispar dincolo de orizont, oarecum ca într-o versiune inversată a ceea ce se întâmplă când un corp este înghițit de o gaură neagră. După 100 de miliarde ani, vizibile vor mai fi doar stelele moarte și muribunde din Grupul nostru Local. Dar acest proces ar putea continua trilioane de ani – timp suficient, probabil, pentru ca tendința pe termen lung pentru sistemele vii să câștige în complexitate și pentru ca „entropia negativă" să atingă punctul culminant. Toți atomii care au fost cândva în componența stelelor și a gazului ar putea fi transformați în structuri la fel de complicate ca un organism viu sau un cip de siliciu, dar la o scară cosmică. Pe un fundal tot mai întunecat, protonii ar putea să se descompună, particulele de materie întunecată să se transforme în energie radiantă, scânteieri ocazionale să apară când găurile negre se vor evapora – iar apoi se va lăsa tăcerea.

În 1979, Freeman Dyson (deja menționat în secțiunea 2.1) a publicat un articol care a devenit

clasic, al cărui scop era de „a stabili limitele numerice între care trebuie să rămână soarta universului"[5]. Dacă toate informațiile de care dispunem ar fi optim convertite într-un calculator sau într-o superinteligență, ar mai exista oare limite privind cantitatea de date ce poate fi procesată? Ar putea fi gândit un număr infinit de gânduri? Răspunsul depinde de cosmologie. Se consumă mai puțină energie pentru a utiliza calculatorul la temperaturi joase. Pentru universul în care pare că ne aflăm, limita lui Dyson ar fi finită, dar ea ar fi maximizată dacă „gânditorii" ar rămâne „reci" și ar gândi lent.

Cunoașterea noastră în privința spațiului și a timpului e incompletă. Relativitatea lui Einstein (care descrie gravitația și cosmosul) și principiul cuantic (esențial pentru înțelegerea scalei atomice) sunt cei doi piloni ai fizicii secolului XX, dar încă nu există o teorie care să le unifice. Ideile actuale sugerează că progresul va depinde de înțelegerea deplină a ceea ce ar putea să pară cea mai simplă dintre toate entitățile – „purul" spațiu gol (vidul) este arena a tot ce se întâmplă; s-ar putea să aibă o textură bogată, dar la o scară de un trilion de trilioane de ori mai mică decât un atom. Potrivit teoriei coardelor, fiecare „punct" din spațiul obișnuit, dacă ar fi privit printr-o lupă cu această putere de

mărire, ar putea arăta ca un origami bine pliat în câteva dimensiuni suplimentare.

Aceleași legi fundamentale se aplică în întregul domeniu pe care îl putem observa prin telescoape. Dacă lucrurile n-ar sta astfel – dacă atomii ar avea un comportament „anarhic" –, n-am fi progresat deloc în înțelegerea universului perceptibil. Dar realitatea fizică ar putea să treacă dincolo de limitele acestui domeniu care poate fi observat; unii cosmologi speculează că Big Bangul „nostru" nu a fost unicul și că realitatea fizică e suficient de mare pentru a cuprinde un întreg „multivers".

Putem observa doar un volum finit – un număr finit de galaxii. Acest lucru e hotărâtor pentru că există un anumit orizont, un anumit înveliș în jurul nostru, care delimitează cea mai mare distanță de la care lumina poate ajunge la noi. Dar acest înveliș nu are mai multă semnificație fizică decât cercul care delimitează orizontul nostru atunci când suntem în mijlocul oceanului. Chiar și astronomii conservatori sunt convinși că volumul spațiului-timp din raza telescoapelor noastre – ceea ce astronomii au numit în mod tradițional „universul" – e doar o fracțiune infimă din rezultatul Big Bangului. Dincolo de orizont s-ar putea găsi mult mai multe galaxii, neobservabile, fiecare

dintre ele (împreună cu inteligențele pe care le găzduiește) fiind capabilă să evolueze într-un mod destul de asemănător cu a noastră.

Este bine-cunoscută ideea conform căreia dacă unui număr suficient de maimuțe li s-ar da suficient timp, ar bate la mașină operele lui Shakespeare (și chiar toate celelalte cărți, ca și orice șir de bolboroseli pe care ni-l putem imagina). Acest enunț e corect din punct de vedere matematic. Dar numărul de „eșecuri" care ar preceda succesul final are vreo zece milioane de cifre. Chiar și numărul atomilor din universul vizibil are doar optzeci de cifre. Dacă toate planetele din galaxia noastră ar fi ticsite cu maimuțe care ar fi început să dactilografieze încă de la formarea primelor planete, ele ar fi izbutit cel mult să dactilografieze un singur sonet (rezultatele ar include scurte fragmente coerente din întreaga literatură a lumii, dar nicio operă care să fie completă). Crearea unui set specific de litere la fel de lung ca o carte este extrem de improbabilă, într-o asemenea măsură încât nu s-ar fi putut întâmpla nici măcar o dată în universul observabil. Când aruncăm zarurile, ni se întâmplă să dăm un lung șir de 6-6, dar (în afară de cazul în care sunt măsluite) nu am putea spera să dăm mai mult de

o sută la rând, chiar dacă am continua un miliard de ani.

Cu toate acestea, dacă universul se întinde suficient de departe, orice ar fi posibil – undeva, mult dincolo de orizontul nostru, ar putea chiar să existe o copie a Pământului. Pentru aceasta, spațiul ar trebui să fie FOARTE mare – descris de un număr nu numai cu un milion de cifre, ci cu zece la puterea 100 de cifre: un unu urmat de o sută de zerouri. Zece la puterea 100 este numit un googol și un număr cu un googol de zerouri e un googolplex.

Dacă ar exista suficient spațiu și timp, toate lanțurile de evenimente ce pot fi concepute ar putea avea loc undeva, deși aproape toate s-ar petrece mult dincolo de raza oricăror observații pe care le-am putea noi face. Opțiunile combinatorice ar putea include cópii ale noastre, care ar face toate alegerile posibile. Ori de câte ori trebuie făcută o anumită alegere, una dintre cópii ar recurge la fiecare opțiune. Ați putea avea sentimentul că o alegere pe care o faceți este „determinată". Dar ar putea fi o consolare că undeva, foarte departe (mult dincolo de orizontul observațiilor noastre), aveți un avatar care a făcut alegerea inversă.

Toate acestea ar putea să facă parte din rezultatele Big Bangului „nostru", care ar putea să cuprindă

un volum imens. Şi asta nu e tot. Ceea ce am numit în mod tradiţional „universul" – rezultatul Big Bangului „nostru" – ar putea fi doar o insulă, doar un petic de spaţiu-timp, într-un arhipelag potenţial infinit. S-ar putea să fi fost mai multe Big Banguri, nu doar unul. Fiecare componentă a acestui „multivers" ar putea să se fi răcit în mod diferit, ajungând, poate, să fie guvernată de legi diferite. La fel cum Pământul este o planetă foarte specială între nenumărate altele, tot aşa – dar la o scară mult mai mare – şi Big Bangul nostru ar putea să fi fost unul destul de special. În această perspectivă cosmică extrem de extinsă, legile lui Einstein şi cele cuantice ar putea fi doar nişte legi auxiliare locale care guvernează peticul nostru cosmic. Aşadar, nu numai că spaţiul şi timpul ar putea fi „granulare" la o scară submicroscopică, ci, la cealaltă extremă – la scări mult mai mari decât cele pe care le pot examina astronomii –, şi ele ar putea să aibă o structură la fel de complicată ca fauna unui ecosistem bogat. Concepţia noastră actuală asupra realităţii fizice ar putea fi la fel de limitată în raport cu întregul precum perspectiva asupra Pământului pe care ar putea să o aibă o vietate microscopică al cărei „univers" este o lingură de apă.

Ar putea fi acest lucru adevărat? O provocare pentru fizica secolului XXI este să afle răspunsul la două întrebări. În primul rând, au fost mai multe Big Banguri sau doar unul? În al doilea rând – și chiar mai interesant –, dacă au fost mai multe, au fost ele guvernate de același tip de fizică?

Dacă trăim într-un multivers, acest lucru ar implica o a patra și cea mai mare revoluție copernicană; am avut revoluția copernicană în sine, apoi am înțeles faptul că sunt miliarde de sisteme planetare în galaxia noastră; apoi că sunt miliarde de galaxii în universul nostru observabil. Dar acum asta nu e tot. Întreaga panoramă pe care o pot observa astronomii ar putea fi doar o infimă parte a consecințelor Big Bangului „nostru", care e numai unul dintr-un ansamblu poate infinit.

(La prima vedere, conceptul universurilor paralele ar putea părea prea misterios pentru a avea un impact practic. Dar, în una dintre variantele sale, ar putea să ofere perspectiva unui tip cu totul nou de calculator: calculatorul cuantic, care poate transcende chiar și limitele celui mai rapid procesor digital prin distribuirea sarcinii de calcul între un număr cvasiinfinit de universuri paralele.)

Acum cincizeci de ani, nu eram siguri dacă a existat un Big Bang. De pildă, mentorul meu de

la Cambridge, Fred Hoyle, contesta conceptul în favoarea unui cosmos „în stare stabilă", etern și neschimbător. (N-a fost niciodată cu adevărat convins – în ultimii ani de viață, a adoptat o idee de compromis care ar putea fi numită un „Bang stabil".) Astăzi avem destule dovezi pentru a trasa istoria cosmică până la ultradensitatea primei nanosecunde, cu același nivel de încredere ca al unui geolog care face deducții despre istoria de început a planetei. Așadar, peste încă cincizeci de ani, nu este exagerat de optimist să sperăm că am putea avea o teorie fizică „unificată", coroborată cu experimentul și observația din lumea cotidiană, care să fie suficient de cuprinzătoare pentru a descrie ce s-a întâmplat în prima trilionime de trilionime de trilionime de secundă, când densitățile și energiile depășeau cu mult limitele în care se aplică teoriile actuale. Dacă teoria viitoare ar prezice Big Banguri multiple, ar trebui să tratăm cu seriozitatea această predicție, chiar dacă nu poate fi verificată direct (la fel cum credem ceea ce ne spune teoria lui Einstein despre interiorul neobservabil al găurilor negre, pentru că teoria a supraviețuit multor teste în domenii pe care le putem observa).

Spre sfârșitul acestui secol, am putea fi în măsură să ne întrebăm dacă trăim sau nu într-un multivers și câtă diversitate prezintă „universurile" lui constitutive. Răspunsul la această întrebare ne va arăta cum ar trebui să interpretăm universul favorabil vieții în care trăim (împărțindu-l cu extratereștrii cu care am putea să intrăm în contact într-o bună zi).

Cartea mea din 1997, *Before the Beginning* (Înaintea începutului)[6], făcea speculații despre un multivers. Argumentele erau motivate parțial de caracterul aparent „biofil" și bine adaptat al universului nostru. Astfel, n-ar fi nicio surpriză dacă realitatea fizică ar îmbrățișa un întreg ansamblu de universuri care ar face să varieze legile și constantele fundamentale. Cele mai multe dintre ele ar fi născute moarte sau sterile, dar noi ne-am găsi într-unul dintre acelea în care legile permit complexitatea emergentă. Ideea a fost susținută de teoria „inflației cosmice" din anii 1980, care a oferit indicii noi legate de modul în care întreg universul nostru observabil ar fi putut „încolți" dintr-un eveniment de mărime microscopică. S-a bucurat de o și mai mare atenție atunci când teoreticienii coardelor au început să susțină posibilitatea existenței mai multor viduri diferite – fiecare dintre ele fiind o arenă pentru o microfizică guvernată de legi diferite.

De atunci şi până astăzi, am urmărit în permanenţă şi îndeaproape evoluţia schimbării opiniilor şi afirmarea acestor idei (recunoscute ca speculative). În 2001, am contribuit la organizarea unei conferinţe pe această temă. A avut loc la Cambridge, dar nu la universitate. Am găzduit-o la mine acasă, la o fermă de la marginea oraşului, într-un şopron modificat care a oferit un spaţiu cam auster pentru discuţiile noastre. Câţiva ani mai târziu, am avut o nouă conferinţă. De data aceasta, locul de desfăşurare a fost foarte diferit: o încăpere destul de impunătoare de la Trinity College, cu portretul lui Newton (cel mai faimos absolvent al universităţii) în spatele podiumului.

Teoreticianul Frank Wilczek (faimos pentru rolul său, încă de când era student, în formularea „modelului standard" al fizicii particulelor) a participat la ambele întâlniri. Când a luat cuvântul la cea de-a doua, a comparat atmosfera celor două întruniri.

El a descris fizicienii de la prima conferinţă drept voci „radicale" în pustie, care promovau de mulţi ani argumente stranii despre conspiraţii privind constantele universale şi universurile alternative. Preocupările şi abordările lor păreau total străine de consensul avangardei fizicii teoretice, preocupat să construiască cu succes un univers unic şi perfect

matematic. Dar la a doua conferință, el a observat că „avangarda se pusese în mișcare pentru a se alătura profeților în pustie".

Acum câțiva ani, făceam parte dintr-o comisie la Universitatea Stanford, iar cel care o prezida ne-a întrebat: „Pe scara «ați paria pe peștișorul dumneavoastră auriu, pe câinele ori pe viața dumneavoastră», cât de încrezători sunteți în legătură cu conceptul de multivers?". Am răspuns că sunt aproape la nivelul câinelui. Andrei Linde, un cosmolog rus care își petrecuse douăzeci și cinci de ani promovând o teorie a „inflației eterne", a spus că aproape că ar paria pe viața lui. Mai târziu, când i s-au relatat toate acestea, eminentul teoretician Steven Weinberg a spus că ar paria bucuros pe câinele lui Martin Rees și viața lui Andrei Linde.

Andrei Linde, câinele meu și cu mine vom fi cu toții morți înainte de rezolvarea chestiunii. Nu e metafizică. E ceva extrem de speculativ. Dar e știință incitantă. Și ar putea fi adevărată.

4.4. Va eșua știința?

O caracteristică a științei este că în timp ce frontierele cunoașterii noastre se extind, noi mistere,

aflate imediat dincolo de frontiere, ajung în centrul atenției. Descoperirile neașteptate s-au dovedit a fi mereu captivante în domeniul astronomiei, care este și al meu. În fiecare domeniu vor exista, la fiecare nivel, „necunoscute necunoscute". (Donald Rumsfeld a fost ironizat pentru că a spus asta într-un context diferit – dar avea, desigur, dreptate și poate că lumea ar fi avut de câștigat dacă el ar fi devenit filosof.) Dar există o întrebare mai profundă. Sunt oare lucruri pe care nu le vom ști niciodată pentru că se află dincolo de capacitatea de înțelegere a minții noastre? Sunt creierele noastre apte pentru înțelegerea tuturor trăsăturilor-cheie ale realității?

De fapt, ar trebui să ne minunăm că deja am înțeles atât de multe. Intuiția omenească a evoluat pentru a ține pasul cu fenomenele cotidiene pe care le întâlneau strămoșii noștri îndepărtați în savana africană. Creierele noastre nu s-au schimbat prea mult de atunci, astfel încât e remarcabil că pot pricepe comportamentele contraintuitive din lumea cuantică și din cosmos. Am emis mai sus ipoteza că răspunsurile la multe mistere actuale vor ajunge în centrul atenției în deceniile următoare. Dar poate că nu toate; unele trăsături-cheie ale realității s-ar putea să fie dincolo de înțelegerea

noastră conceptuală. S-ar putea ca în anumite cazuri să eșuăm; ar putea să existe fenomene, cruciale pentru destinul nostru pe termen lung și pentru o înțelegere completă a realității fizice, de care să nu fim conștienți, la fel cum o maimuță e incapabilă să înțeleagă natura stelelor și a galaxiilor. Dacă extratereștrii există, unii dintre ei ar putea avea „creiere" care le structurează conștiința într-o manieră pe care noi n-o putem concepe și care posedă o percepție a realității cu totul diferită.

Suntem deja asistați de puterea de procesare a calculatoarelor. În „lumea virtuală" din interiorul unui calculator, astronomii pot imita formarea galaxiilor sau pot face o altă planetă să se ciocnească de Pământ pentru a vedea dacă așa s-ar fi putut forma Luna; meteorologii pot simula atmosfera, pentru prognoze meteo și pentru prezicerea tendințelor climatice pe termen lung; neurologii pot simula cum interacționează neuronii. Așa cum jocurile video devin tot mai elaborate pe măsură ce consolele devin mai puternice, tot așa, pe măsură ce va crește puterea calculatoarelor, aceste experimente „virtuale" vor deveni mai realiste și mai folositoare.

Mai mult, nu există niciun motiv pentru care sistemele de calcul nu vor putea face descoperiri care

au ocolit creierele omenești neasistate. De exemplu, anumite substanțe sunt conductoare perfecte de electricitate când sunt răcite la temperaturi foarte scăzute (supraconductoare). Se caută în continuare „rețeta" pentru un supraconductor care funcționează la temperatura obișnuită a camerei (cea mai mare temperatură supraconductoare care a fost atinsă până acum este de aproximativ –135°C la presiuni normale și ceva mai ridicată, în jur de –70°, pentru hidrogenul sulfurat la o presiune extrem de mare). Ar deveni astfel posibile transportul de electricitate transcontinental fără pierderi și trenurile cu levitație magnetică eficiente.

Această căutare e laborioasă și se bazează pe metoda „învățării din greșeli". Dar devine posibil să calculăm proprietățile materialelor și să o facem atât de rapid încât să fie calculate milioane de variante, mult mai repede decât ar putea fi efectuate experimentele reale. Să presupunem că o mașină ar fi reușit să elaboreze o formulă unică și de succes. Ar fi putut să izbutească în același mod ca AlphaGo. Dar ar fi realizat un lucru care i-ar fi adus un premiu Nobel unui om de știință. S-ar fi comportat ca și cum ar fi avut intuiție și imaginație în limitele universului ei destul de specializat – la fel cum AlphaGo i-a consternat și impresionat pe campionii

de șah umani cu unele dintre mutările sale. În mod similar, căutarea compoziției chimice optime pentru noile medicamente va fi făcută adesea tot de către calculatoare în dauna experimentelor reale, la fel cum de mulți ani inginerii din aeronautică au simulat fluxul de aer care lovește aripile avionului cu ajutorul programelor de calculator în loc să depindă de experimente în tunelele aerodinamice.

La fel de importantă este capacitatea de a discerne mici tendințe sau corelații prin procesarea unor seturi enorme de date. Ca să iau un exemplu din genetică, anumite combinații de gene determină calități precum inteligența și înălțimea. Pentru a identifica aceste combinații ar fi necesară o mașină suficient de rapidă încât să exploreze mostre extinse de genoame și să identifice mici corelații. Procedee similare sunt folosite de cei care tranzacționează produse financiare când analizează tendințele pieței și răspund rapid la ele, astfel încât investitorii lor să-și poată lua partea leului din fondurile disponibile.

În treacăt fie spus, teza mea conform căreia există limite pentru ceea ce pot înțelege creierele omenești a fost contestată de David Deutsch, un fizician care a inițiat concepte-cheie precum „calculator cuantic". În cartea sa excelentă și provocatoare

The Beginning of Infinity (Începutul infinitului)[7] el a arătat că orice proces, în principiu, poate fi calculat. E adevărat. Totuşi, capacitatea de a calcula ceva nu este identică cu înţelegerea profundă a acelui ceva. Să ne gândim la un exemplu din geometrie, în care punctele dintr-un plan sunt desemnate prin două numere, distanţa pe axa *ox* şi pe axa *oy*. Oricine a studiat geometria la şcoală ar recunoaşte că ecuaţia $x^2 + y^2 = 1$ descrie un cerc. Faimoasa mulţime a lui Mandelbrot e descrisă de un algoritm care poate fi pus pe hârtie în câteva rânduri. Iar forma sa poate fi trasată chiar de un calculator modest – „complexitatea sa Kolmogorov" nu este atât de ridicată. Dar nicio fiinţă umană căreia i se dă pur şi simplu algoritmul nu poate sesiza şi vizualiza acest model de „fractal" extrem de complicat la fel de lesne cum poate vizualiza cercul.

Ne putem aştepta şi la alte progrese ştiinţifice spectaculoase în cursul acestui secol. Multe întrebări care ne lasă perplecşi acum îşi vor găsi răspuns şi noi întrebări, pe care nici măcar nu le putem formula azi, vor fi puse. Cu toate acestea, ar trebui să rămânem deschişi la posibilitatea ca, în pofida tuturor eforturilor noastre, unele adevăruri fundamentale despre natură să fie prea complexe pentru a fi înţelese de creierele omeneşti neasistate.

E posibil chiar ca să nu înțelegem niciodată misterul acestor creiere înseși – modul în care atomii pot constitui o „materie cenușie" ce poate să devină conștientă de sine și să cugete asupra originilor sale. Ori poate că orice univers suficient de complex pentru a fi permis apariția noastră este tocmai din acest motiv prea complex pentru a fi înțeles de mințile noastre.

E o chestiune care merită dezbătută dacă viitorul pe termen lung va aparține unor ființe postumane sau mașinilor inteligente. Dar am fi prea antropocentrici dacă am crede că este în puterea omenirii să ajungă la o înțelegere completă a realității fizice și că pentru descendenții noștri postumani nu vor mai exista enigme.

4.5. Cum rămâne cu Dumnezeu?

Dacă prima întrebare pusă astronomilor este „Suntem singuri în univers?", a doua este cu siguranță „Credeți în Dumnezeu?". Răspunsul meu împăciuitor este că nu cred, dar că împărtășesc cu mulți dintre credincioși un sentiment de uimire și de mister.

Interfața dintre știință și religie generează în continuare controverse, chiar dacă din secolul al XVII-lea

încoace nu s-a produs nicio schimbare esențială. Descoperirile lui Newton au declanșat o serie de replici religioase (și antireligioase). Cu atât mai mult a declanșat asemenea replici Charles Darwin în secolul al XIX-lea. Oamenii de știință contemporani manifestă varii atitudini religioase. Printre ei există credincioși tradiționali, dar și atei dogmatici. Perspectiva mea personală – una plicticoasă pentru cei care vor să promoveze un dialog constructiv (sau chiar o dezbatere neconstructivă) între știință și religie – este că, dacă avem ceva de învățat din activitatea științifică, e că până și ceva atât de elementar precum un atom este destul de greu de înțeles. Acest fapt ar trebui să trezească scepticismul față de orice dogmă și față de orice pretenție de a fi dobândit mai mult decât o cunoaștere foarte incompletă și metaforică asupra oricărui aspect profund al existenței. După cum spunea Darwin într-o scrisoare către biologul american Asa Gray: „Am sentimentul foarte acut că întreg subiectul e prea profund pentru intelectul omenesc. Un câine ar putea la fel de bine să speculeze asupra minții lui Newton. Să lăsăm pe fiecare să nădăjduiască și să creadă așa cum poate"[8].

Creaționiștii cred că Dumnezeu a creat Pământul mai mult sau mai puțin așa cum e – fără niciun

orizont pentru apariția unor specii noi sau a unei complexități superioare și fără să prea dea atenție restului cosmosului. Este imposibil să combați, prin logică pură, chiar și pretenția cuiva că universul ar fi fost creat acum o oră, împreună cu toate amintirile noastre și toate vestigiile istoriei mai îndepărtate. Conceptele „creaționiste" se bucură în continuare de influență în rândul multor creștini evanghelici americani și în zone ale lumii musulmane. În Kentucky există un „muzeu al creației", în care găsim ceea ce promotorii săi descriu drept o Arcă a lui Noe „în mărime naturală", lungă de 155 de metri, a cărei construcție a costat 150 de milioane de dolari.

O variantă mai sofisticată – „design inteligent" – este acum mai în vogă. Această concepție acceptă evoluția, dar neagă că selecția naturală arbitrară ar putea fi responsabilă pentru lanțul imens de evenimente care a dus la apariția noastră. Accentul este pus mai ales asupra stadiilor în care o componentă-cheie a organismelor vii pare să fi cerut mai degrabă o serie de pași evoluționari decât un salt unic, iar pașii intermediari n-ar fi conferit în sine un avantaj pentru supraviețuire. Această manieră de argumentare este însă asemănătoare creaționismului tradițional. „Credinciosul" se concentrează

pe anumite detalii (și sunt multe) care nu sunt încă înțelese și argumentează că ceea ce pare un mister constituie o hibă fundamentală în teorie. Orice poate fi „explicat" prin invocarea intervenției supranaturale. Așadar, dacă succesul e măsurat prin deținerea unei explicații, oricât ar fi ea de „trăsnită", atunci „designerii inteligenți" vor câștiga întotdeauna.

Însă o explicație are valoare doar în măsura în care integrează fenomene disparate și le raportează la un principiu unic fundamental sau la o idee unificatoare. Un atare principiu este selecția naturală darwinistă, așa cum a fost ea prezentată în *Originea speciilor*, o carte pe care autorul a descris-o drept „o lungă argumentare". De fapt, prima mare idee unificatoare a fost legea gravitației descoperită de Newton, care a identificat atracția gravitațională familiară ce ne ține pe pământ și care face un măr să cadă cu forța de tipul celei ce menține Luna și planetele pe orbitele lor. Datorită lui Newton, nu mai trebuie să înregistrăm căderea fiecărui măr.

Designul inteligent datează din vremea unor argumente clasice: un design are nevoie de un designer. Cu două secole în urmă, teologul William Paley a introdus bine-cunoscuta metaforă a ceasului și ceasornicarului – menționând ca dovezi în

favoarea existenței unui Creator[9] mărinimos ochiul, degetul mare opozabil ș.a.m.d. Astăzi privim fiecare modificare biologică drept rezultatul selecției evoluționiste prelungite și al simbiozei cu mediul ambiant. Argumentele lui Paley au devenit nepopulare chiar și în rândul teologilor[10].

Paley considera că astronomia nu e cea mai propice știință pentru furnizarea de dovezi în favoarea unui proiect inteligent, dar că, „odată ce aceasta e dovedită, ea arată, mai mult decât toate celelalte, dimensiunile operațiunilor [Creatorului]". Poate că Paley ar fi reacționat diferit dacă ar fi știut de fizica aparent providențială care a condus la apariția galaxiilor, stelelor, planetelor și a elementelor distinctive ale tabelului periodic. Încă de la începutul său, universul s-a născut simplu – un Big Bang – definit de o rețetă destul de concisă. Dar legile fizice sunt mai degrabă „date", nu se poate spune că au evoluat. Afirmațiile că această rețetă pare să fie mai degrabă una specială nu pot fi atât de rapid respinse precum „dovezile" biologice ale lui Paley (iar o explicație posibilă în termenii unui multivers a fost menționată în secțiunea 4.3).

Un omolog modern al lui Paley, John Polkinghorne, care s-a ocupat cândva cu fizica matematică, interpretează habitatul nostru bine reglat drept „creația

unui Creator care vrea ca lucrurile să fie așa cum sunt"[11]. Am avut dezbateri publice plăcute cu Polkinghorne; când eram student la Cambridge, mi-a predat fizică. Din perspectiva mea, teologia lui e prea antropocentrică și prea îngustă pentru a fi credibilă. Polkinghorne nu e adeptul „designului inteligent", dar crede că Dumnezeu poate influența lumea cu un „ghiont" sau o „pișcătură" în locuri și la momente în care rezultatul e deosebit de sensibil la mici schimbări – obținându-se un maxim de impact cu un efort minim și ascuns cu ușurință.

Când mă întâlnesc cu unii clerici creștini (sau cu omologii lor din alte religii), încerc să mă interesez de ceea ce ei consideră a fi „elementele fundamentale" – „minimul teoretic" care trebuie acceptat de adepții lor. Este evident că mulți creștini consideră Învierea un eveniment istoric și fizic. Polkinghorne cu siguranță o consideră astfel; el o îmbracă în formă fizică, susținând că Hristos a trecut într-o stare materială foarte deosebită, care ne e rezervată și nouă, celorlalți, atunci când va veni apocalipsa. Iar în mesajul lui de Paști, din 2018, arhiepiscopul de Canterbury, Justin Welby, a declarat că dacă Învierea „e doar o poveste sau o metaforă, sincer, ar trebui să-mi dau demisia". Dar câți catolici cred cu adevărat în cele două

miracole – partea „practică" a examinării – pe care un potențial candidat trebuie să le îndeplinească pentru a accede la titlul de sfânt? Sunt realmente consternat că atât de mulți oameni au o credință cu un conținut atât de literal.

M-aș descrie drept un creștin practicant, dar necredincios. Conceptul paralel este răspândit printre evrei: sunt mulți cei care urmează ceremoniile tradiționale – aprinderea lumânărilor vineri seara ș.a.m.d. Dar asta nu înseamnă că acordă religiei lor vreo întâietate, și cu atât mai puțin că ar pretinde că ea posedă vreun adevăr unic. S-ar putea chiar să se descrie pe ei înșiși ca atei. În mod similar, în calitate de „creștin cultural", îmi place să particip (chiar dacă nu cu regularitate) la ritualurile Bisericii Anglicane, cu care m-am obișnuit de mic copil.

Ateii radicali se concentrează prea mult totuși pe dogma religioasă și pe ceea ce se numește „teologie naturală" – căutând dovezi ale supranaturalului în lumea fizică. Ar trebui să fie conștienți de existența unor indivizi „religioși" care, în mod vădit, nu sunt nici lipsiți de inteligență, nici naivi. Atacând religia convențională, în loc să caute să coexiste pașnic cu aceasta, ei slăbesc alianța împotriva fundamentalismului și a fanatismului.

Slăbesc totodată știința. Dacă unui tânăr musulman sau unui creștin evanghelic i se spune că nu poate să-l aibă pe Dumnezeul său și să accepte evoluția, va opta pentru Dumnezeul său și va fi pierdut pentru știință. Adepții celor mai multe religii acordă o mare importanță aspectelor colective și ritualice ale credinței lor – ba chiar mulți dintre ei consideră ritualul prioritar în raport cu credința. Când există atât de multe aspecte care ne separă, iar schimbarea este îngrijorător de rapidă, împărtășirea unor asemenea ritualuri creează legături în cadrul unei comunități. Iar tradițiile religioase, asociind adepții cu generațiile trecute, ar trebui să întărească preocuparea noastră de a nu lăsa moștenire generațiilor viitoare o lume degradată.

Această direcție de gândire face tranziția către tema mea finală: cum ar trebui să răspundem provocărilor secolului XXI și să reducem distanța dintre lumea așa cum este ea astăzi și cea în care ne-ar plăcea să trăim și pe care am dori s-o împărțim cu restul „creației"?

5. Concluzii

5.1. Practica ştiinţei

Capitolul 1 al acestei cărţi a scos în evidenţă transformările care au apărut în acest secol – fără precedent prin viteza şi prin impactul lor asupra mediului înconjurător. Capitolul 2 s-a concentrat asupra progreselor ştiinţifice la care ne putem aştepta în deceniile următoare, reliefând beneficiile, dar şi dilemele etice şi riscul lor perturbator sau chiar catastrofal. Capitolul 3 a explorat orizonturi mai largi atât în spaţiu, cât şi în timp – speculând asupra tărâmurilor care se întind mult dincolo de frontierele planetei noastre şi asupra perspectivelor cu privire la un viitor „postuman". Capitolul 4 a evaluat posibilităţile de a ne înţelege pe noi înşine şi lumea la un nivel mai profund – ce am putea învăţa şi ce ar putea să rămână mereu dincolo de

înțelegerea noastră. În ultimele pagini mă voi concentra mai mult asupra a ceea ce se întâmplă aici și acum – pentru a explora, pe acest fundal, rolul oamenilor de știință. Fac deosebire între obligațiile lor speciale și cele care ne revin tuturor, în calitate de indivizi și de cetățeni preocupați de lumea pe care o vor moșteni generațiile viitoare.

Dar, mai întâi, e necesară o clarificare importantă: folosesc termenul de „știință" ca o expresie prescurtată ce se referă inclusiv la tehnologie și inginerie. Utilizarea și implementarea unui concept științific în scopuri practice poate fi o provocare mai mare decât descoperirea inițială. Un desen animat favorit al prietenilor mei ingineri arată doi castori care privesc spre un imens baraj al unei hidrocentrale. Un castor îi spune celuilalt: „Nu l-am construit eu, dar e bazat pe ideea mea". Și îmi face plăcere să le reamintesc colegilor mei teoreticieni că inginerul suedez Gideon Sundback, cel care a inventat fermoarul, a făcut un salt intelectual mai mare decât vor face vreodată cei mai mulți dintre noi.

Se crede că oamenii de știință urmează o procedură specifică numită metodă științifică. O asemenea opinie ar trebui abandonată. Ar fi mai adevărat dacă am spune că oamenii de știință urmează

același mod rațional de judecată ca și avocații sau detectivii în categorisirea fenomenelor și evaluarea probelor. O neînțelegere înrudită (și chiar dăunătoare) e presupunerea încetățenită că ar exista o calitate oarecum „elitistă" a modului lor de gândire. „Abilitatea academică" este doar o fațetă a conceptului mult mai cuprinzător de abilitate intelectuală – posedată în egală măsură de cei mai buni jurnaliști, avocați, ingineri și politicieni. E.O. Wilson (ecologul citat în secțiunea 1.4) susține că pentru a fi eficient în anumite domenii ale științei e de preferat să nu fii prea strălucit[1]. El nu minimalizează intuițiile și momentele de genul „Evrika" ce marchează (deși rareori) activitatea oamenilor de știință. Dar, în calitate de expert mondial în zeci de mii de specii de furnici, cercetarea lui Wilson a presupus decenii de adevărată trudă: să teoretizezi stând în fotoliu nu e suficient. Apare riscul plictiselii. Și firește că Wilson are dreptate atunci când spune că cine își poate concentra atenția doar pentru scurt timp – cine are o minte distrată – ar putea să-și găsească o îndeletnicire mai antrenantă (deși mai puțin utilă) ca dealer de „tranzacții la milisecundă" pe Wall Street ori similar.

Oamenii de știință nu prețuiesc în mod special filosofia, dar unii filosofi rezonează cu ei. Karl

Popper, de exemplu, a trezit interesul multor oameni de știință în a doua jumătate a secolului XX[2]. A avut dreptate când a spus că o teorie științifică trebuie să fie în principiu refutabilă. Dacă o teorie este atât de flexibilă – sau susținătorii ei par să fie atât de ingenioși – încât să poată fi adaptată oricărei eventualități, atunci nu este autentic științifică. Reîncarnarea este un exemplu. Într-o carte faimoasă, biologul Peter Medawar[3] a criticat aspru psihanaliza freudiană din acest punct de vedere, într-un mod oarecum controversat, înfigând în cele din urmă cu hotărâre cuțitul: „Considerată în ansamblul ei, psihanaliza nu funcționează. Mai mult, e un produs final, precum un dinozaur sau un zepelin; nicio teorie superioară nu poate fi ridicată pe ruinele ei, care vor rămâne pentru totdeauna unele dintre cele mai triste și ciudate repere în istoria gândirii din secolul XX". Dar doctrina popperiană are totuși două puncte slabe. În primul rând, interpretarea depinde de context. Gândiți-vă, de pildă, la experimentul Michelson-Morley, care a arătat, la sfârșitul secolului al XIX-lea, că viteza luminii (măsurată cu un ceas în laborator) era constantă, oricât de rapid s-ar fi mișcat laboratorul, și aceeași în toate zilele anului, în pofida mișcării Pământului. Ulterior s-a demonstrat că acest fapt

este o consecință naturală a teoriei lui Einstein. Dar dacă același experiment ar fi fost efectuat în secolul al XVII-lea, ar fi fost invocat drept dovadă a faptului că Pământul e imobil – și declarat ca fiind o contestare a teoriilor lui Copernic. În al doilea rând, e necesară judecata pentru a decide cât de convingătoare trebuie să fie dovada contrară înainte ca o teorie care se bucură de sprijin să fie abandonată. Așa cum se pare că ar fi spus Francis Crick, copărtaș la descoperirea structurii ADN-ului, nu e o veste bună dacă o teorie se potrivește cu toate faptele, pentru că unele „fapte" sunt probabil greșite.

Depășit doar de Popper, filosoful american Thomas Kuhn a devenit celebru inventând conceptul de „știință normală" marcată de „schimbările de paradigmă"[4]. Revoluția copernicană, cu răsturnarea conceptului de cosmos ce are în centru Pământul, poate fi considerată o schimbare de paradigmă. La fel și înțelegerea faptului că atomii sunt guvernați de efecte cuantice – cu adevărat contraintuitiv și încă misterios. Dar mulți dintre discipolii lui Kuhn (deși poate nu și Kuhn însuși) au folosit prea liber expresia „schimbare de paradigmă". De pildă, se susține în mod curent că Einstein l-a detronat pe Newton. E mai onest să spunem că l-a depășit. Teoria lui Einstein se aplică într-un context mai larg, în care

forţele sunt foarte mari sau vitezele foarte ridicate, şi a oferit o înţelegere mult mai profundă a gravitaţiei, spaţiului şi timpului. Modificarea parţială a teoriilor şi integrarea lor în altele noi, cu un grad mai mare de generalitate, a fost o regulă în cele mai multe ştiinţe[5].

Ştiinţele necesită diferite tipuri de expertiză şi diferite stiluri: ele pot fi practicate de teoreticieni speculativi, experimentatori singuratici, ecologişti care culeg date de teren ori echipe cvasiindustriale care lucrează la acceleratoare gigantice de particule sau la mari proiecte spaţiale. Cel mai adesea, activitatea ştiinţifică se bazează pe colaborare şi dezbatere în cadrul unui mic grup de cercetare. Unii aspiră să scrie un articol revoluţionar care să deschidă un domeniu nou; alţii sunt mai satisfăcuţi când elaborează o monografie definitivă care sistematizează şi clarifică un subiect după ce acesta a devenit bine-cunoscut.

Într-adevăr, ştiinţele sunt la fel de diverse ca sporturile. E dificil, atunci când scrii la modul general despre sport, să depăşeşti generalităţile găunoase – să elogiezi trăsătura competitivă a omenirii ş.a.m.d. E mai interesant să scrii despre trăsăturile distinctive ale unui sport anume; şi mai

fascinante sunt particularitățile unor jocuri extrem de captivante și personalitățile unor jucători celebri. La fel e și cu științele. Fiecare știință particulară are metodele și convențiile ei. Iar ceea ce ne trezește cel mai mult interesul este fascinația descoperirii sau a intuiției individuale.

Progresul cumulativ al științelor necesită noi tehnologii și noi instrumente – desigur, în simbioză cu teoria și intuiția. Unele instrumente pot încăpea pe o masă modestă de lucru. La cealaltă extremă, Marele Accelerator de Hadroni de la CERN din Geneva, cu diametrul de 9 kilometri, este la ora actuală cel mai complex instrument științific din lume. Finalizarea sa, în 2009, a generat o publicitate entuziastă și un mare interes public, dar, în același timp, a ridicat întrebarea îndreptățită de ce a fost făcută o investiție atât de mare în știința aparent ocultă a fizicii subnucleare. Dar aspectul deosebit al acestei ramure a științei este că practicienii săi din numeroase țări și-au dedicat o mare parte din resursele lor pe o durată de aproape douăzeci de ani pentru construirea și operarea unui singur instrument gigantic, într-o colaborare condusă de europeni. Contribuția anuală a națiunilor participante (precum Marea Britanie) se ridică

la numai 2% din bugetul lor total dedicat științelor academice, ceea ce nu pare o alocare disproporționată pentru un domeniu fundamental care prezintă atâtea provocări. Această colaborare globală la un singur proiect pentru a investiga unele dintre misterele fundamentale ale naturii – și a duce tehnologia până la limitele sale – este în mod sigur ceva cu care civilizația noastră se poate mândri. În mod similar, instrumentele astronomice sunt operate astăzi de consorții multinaționale, iar unele dintre ele sunt proiecte cu adevărat globale – de pildă, la buna funcționare a radiotelescopului ALMA din Chile (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) contribuie țări din Europa, Statele Unite și Japonia.

Cei care se lansează în cercetare ar trebui să aleagă un subiect potrivit personalității lor, dar și aptitudinilor și preferințelor lor (fie muncă de teren, fie modelare pe calculator, fie experimente de mare precizie, fie manipularea unor seturi imense de date ș.a.m.d.). Mai mult, cercetătorilor tineri li se poate părea extrem de satisfăcător să aleagă un domeniu în care lucrurile avansează rapid – în care au acces la tehnici noi, la calculatoare mai puternice sau la baze de date mai mari –, astfel

încât experiența generațiilor anterioare să își piardă mult din relevanță. Și încă ceva: nu este întotdeauna înțelept să te îndrepți direct către cea mai importantă sau fundamentală problemă. Ar trebui să înmulțești importanța problemei cu probabilitatea de a o rezolva tu și să maximizezi rezultatul. Cei care aspiră să devină oameni de știință n-ar trebui să se înghesuie cu toții spre, de exemplu, unificarea cosmosului și a cuantelor, cu toate că este în mod evident una dintre culmile intelectuale pe care sperăm să le atingem, și ar trebui să-și dea seama că marile provocări din cercetarea cancerului și din neurologie nu trebuie atacate frontal, ci din anumite unghiuri disciplinare specifice. (Așa cum am menționat în secțiunea 3.5, investigarea originii vieții era inclusă și ea în această categorie, dar, în prezent, e socotită la ordinea zilei și mai ușor de gestionat, așa cum nu a fost până de curând.)

Ce putem spune despre cei care trec la un nou domeniu științific la mijlocul carierei? Abilitatea de a avea o nouă înțelegere și o perspectivă nouă este un „plus" – într-adevăr, cele mai dinamice domenii depășesc adeseori granițele disciplinare tradiționale. Pe de altă parte, opinia general acceptată este că oamenii de știință nu devin mai

buni cu vârsta, ci se „epuizează". Fizicianul Wolfgang Pauli avea o celebră remarcă umilitoare pentru oamenii de știință trecuți de treizeci de ani: „Atât de tineri și deja atât de necunoscuți". Sper însă că a nu fi atât de fatalist în calitate de om de știință matur nu înseamnă a confunda dorințele cu realitatea. Se pare că există trei destine pentru noi. Primul și cel mai comun este o diminuare a concentrării pe cercetare – uneori compensată de eforturi energice în alte direcții, alteori doar de o cufundare în lene. O a doua cale, urmată de unii dintre cei mai importanți oameni de știință, este o diversificare necumpătată și prezumțioasă în alte câmpuri disciplinare. Cei care urmează această cale „fac știință" în continuare, din perspectiva lor – vor să înțeleagă lumea și cosmosul, dar nu-și mai găsesc împlinirea în cercetarea tradițională a unui sector particular: tind prea sus, uneori spre jena admiratorilor lor. Acest sindrom a fost agravat de tendința de a-i scuti de critică pe cei eminenți și în vârstă – deși unul dintre multele beneficii ale unei societăți mai puțin ierarhizate este că izolarea e azi mai rară, cel puțin în Occident; mai mult, caracterul din ce în ce mai colaborativ al științei micșorează riscul de izolare. Dar mai există și o a treia cale – cea mai demnă de admirat. Aceasta este

să-ți continui activitatea în domeniul în care ești competent, acceptând că ar putea exista anumite tehnici noi pe care cei tineri le pot asimila mai ușor și că, probabil, poți aspira, în cel mai bun caz, să-ți păstrezi nivelul, nu să atingi noi culmi.

Există și unele cazuri de „recoltă târzie". Dar în timp ce sunt mulți compozitori ale căror opere târzii sunt cele mai reușite, există prea puțini oameni de știință pentru care lucrurile stau la fel. În opinia mea, aceasta se întâmplă deoarece compozitorii, cu toate că au fost influențați în tinerețe (ca și oamenii de știință) de cultura și stilul predominante ale epocii, pot să progreseze ulterior și să atingă noi profunzimi exclusiv prin „dezvoltare interioară". Spre deosebire de ei, oamenii de știință trebuie să asimileze încontinuu concepte și tehnici noi dacă vor să rămână în vârf – iar acest lucru devine mai dificil odată cu înaintarea în vârstă.

Multe științe – printre care astronomia și cosmologia – avansează deceniu după deceniu, astfel încât cei care le practică pot observa o „curbă a progresului" chiar în timpul carierei lor. Paul Dirac, un lider al revoluției extraordinare din anii 1920 care a pus bazele teoriei cuantice, a spus că a fost o epocă în care oamenii „de rangul doi" făceau muncă „de prim rang". Din fericire pentru generația

mea de astronomi, acest lucru a fost adevărat și în disciplina noastră în ultimele decenii.

Cele mai bune laboratoare, ca și cele mai bune companii aflate la început de drum, ar trebui să fie medii optime pentru ideile originale și tinerele talente. Dar există o tendință demografică perfidă care acționează împotriva acestui aspect în universitățile și institutele tradiționale. Acum cincizeci de ani, profesia de om de știință încă era în creștere exponențială, profitând de expansiunea educației superioare, iar tinerii îi întreceau numeric pe cei în vârstă; mai mult, era obișnuit (și de obicei obligatoriu) să te pensionezi la 65 de ani. Astăzi, comunitatea academică, cel puțin în Occident, nu se mai dezvoltă atât de mult (în mai multe domenii a atins chiar nivelul de saturație) și nu mai există vârstă de pensionare obligatorie. În deceniile anterioare, era rezonabil să-ți dorești să conduci un grup când aveai în jur de 30 de ani – în timp ce în comunitatea biomedicală din SUA este neobișnuit astăzi să primești prima bursă de cercetare înainte de vârsta de 40 de ani. Acesta e un semn de rău augur. Știința va atrage întotdeauna „tocilari" care nu-și pot imagina o altă carieră. Iar personalul laboratoarelor poate fi format din cei ce se mulțumesc să scrie aplicații pentru burse, care, de

obicei, nu primesc finanțare. Or, profesia trebuie să-i atragă pe o parte dintre cei care au talentul de a se adapta și ambiția să realizeze ceva pe la vârsta de treizeci de ani. Dacă dispare perspectiva aceasta, asemenea indivizi vor evita mediul academic și vor încerca, poate, să înființeze o companie. Această cale oferă satisfacții și beneficii publice – mulți ar trebui s-o încerce –, dar, pe termen lung, e important ca unii oameni din această categorie să se dedice totuși cercetărilor fundamentale. Progresele în IT și în utilizarea calculatoarelor își au originea în cercetarea fundamentală efectuată în universități de top – în unele cazuri, cu aproape un secol în urmă. Iar piedicile întâmpinate în cercetarea medicală rezultă din niște fundamente șubrede. De pildă, faptul că medicația anti-Alzheimer nu a reușit să treacă testele clinice, ceea ce a determinat compania Pfizer să-și abandoneze programul de dezvoltare a medicamentelor neurologice, ar putea să indice faptul că modul de funcționare al creierului nu este cunoscut suficient și că efortul ar trebui să se recentreze pe știința de bază.

Sporirea bogăției și timpul liber tot mai mare de care dispunem – combinate cu conectivitatea oferită de IT – vor oferi milioanelor de neprofesioniști cu educație superioară și celor care practică științele

colaborative („cetăţeneşti") oriunde în lume posibilităţi mai mari ca niciodată de a-şi urmări interesele. Mai mult, aceste tendinţe le vor permite cercetătorilor de frunte să desfăşoare o activitate inovativă în afara spaţiului tradiţional academic sau a laboratorului guvernamental. Dacă suficient de mulţi vor face această alegere, întâietatea în cercetare a universităţilor va fi subminată, iar importanţa „oamenilor de ştiinţă independenţi" va creşte până la nivelul care precumpănea înainte de secolul XX – şi probabil că înflorirea ideilor cu adevărat originale va fi stimulată.

5.2. Ştiinţa în societate

O temă principală a acestei cărţi este că viitorul nostru depinde de alegerile corecte privind provocările societale esenţiale: energie, sănătate, hrană, robotică, mediu înconjurător, spaţiu ş.a.m.d. Aceste alegeri implică ştiinţa. Dar deciziile-cheie n-ar trebui să fie luate doar de oameni de ştiinţă; sunt importante pentru noi toţi şi ar trebui să constituie rezultatul unor largi dezbateri publice. Pentru ca acest lucru să se întâmple, trebuie să avem suficient „simţ" pentru ideile ştiinţifice de bază şi să înţelegem

suficient cifrele ca să apreciem pericolele, probabilitățile și riscurile, astfel încât să nu fim trași pe sfoară de experți ori să ne încredem în sloganele populiste.

Cei care năzuiesc la o democrație mai angajată deplâng adesea ignoranța votantului obișnuit în privința chestiunilor relevante. Dar această ignoranță nu ține numai de sfera științei. Este la fel de trist când cetățenii nu cunosc istoria națiunii lor, nu cunosc o limbă străină și nu pot găsi Coreea de Nord sau Siria pe hartă – și mulți sunt incapabili să o facă. (Într-un sondaj, doar o treime din americani au putut indica Marea Britanie!) Acesta este un rechizitoriu al sistemului nostru educațional și al culturii noastre în general – nu cred că oamenii de știință au un motiv special să se plângă. Firește, sunt încântat și surprins că atât de mulți oameni sunt interesați de dinozauri, de lunile lui Saturn și de bosonul Higgs – toate, înfiorător de irelevante pentru viața noastră de zi cu zi – și că aceste subiecte sunt discutate atât de frecvent în mass-media.

În plus, dincolo de folosința lor practică, aceste idei ar trebui să facă parte din cultura noastră comună. Mai mult decât atât, știința este singura cultură cu adevărat globală: protonii, proteinele și Pitagora sunt aceiași din China până în Peru.

Știința ar trebui să transcendă toate barierele naționalității. Și ar trebui, de asemenea, să se ridice deasupra tuturor credințelor. Neînțelegerea mediului nostru natural și a principiilor care guvernează biosfera și clima este o carență intelectuală. La fel e să fii orb în fața viziunii magnifice pe care o oferă darwinismul și cosmologia modernă – lanțul de complexitate emergentă care duce de la Big Bang la stele, planete, biosferă și la creierul uman – care îi redau cosmosului conștiința de sine. Aceste „legi" sau modele sunt mari triumfuri ale științei. Pentru a le descoperi a fost nevoie de un talent dedicat – chiar de geniu. Iar marile invenții necesită același talent. Cei mai mulți dintre noi apreciază muzica, chiar dacă nu știu să compună ori să o interpreteze. La fel, ideile științifice esențiale pot fi înțelese și apreciate de aproape oricine – dacă sunt transmise fără a se face apel la termeni tehnici și folosind imagini simple. Aspectele tehnice ar putea fi descurajatoare, dar ele pot fi lăsate pe seama specialiștilor.

Progresele tehnologice ne-au condus la o lume în care cei mai mulți indivizii se bucură de o viață mai sigură, mai lungă și mai satisfăcătoare decât a generațiilor anterioare, iar aceste tendințe pozitive ar putea continua. Pe de altă parte, degradarea

mediului, schimbarea climatică necontrolată și efectele negative neintenționate ale tehnologiei avansate sunt prețul care trebuie plătit pentru aceste progrese. O lume cu o populație mai numeroasă, care cere mai multă energie și mai multe resurse, și cu puteri sporite datorită tehnologiei, ar putea declanșa probleme grave, chiar catastrofice, pentru societatea noastră.

Lumea de azi încă mai neagă două tipuri de amenințări: daunele pe care le produce în mod colectiv biosferei și amenințările rezultate din vulnerabilitatea sporită față de eroarea sau teroarea induse de indivizi sau grupuri mici. Mai mult, noutatea acestui secol o constituie resimțirea la nivel global a efectelor unei catastrofe. În cartea sa intitulată *Collapse*[6], Jared Diamond arată cum și de ce cinci societăți diferite au decăzut ori s-au confruntat cu catastrofe și face prognoze contrastante pentru câteva dintre societățile moderne. Dar acele catastrofe n-au fost globale; spre exemplu, Moartea Neagră n-a ajuns în Australia. În lumea noastră însă, legată prin multiple interconexiuni, n-am avea unde să ne ascundem pentru a ne pune la adăpost de consecințele unui deficit economic, ale unei pandemii sau ale unui colaps global al rezervelor de hrană. Și există și alte amenințări globale:

de pildă, incendiile puternice de după un conflict nuclear ar putea crea o lungă „iarnă nucleară" – împiedicând, în scenariul cel mai pesimist, creşterea plantelor de cultură tradiţionale pentru mulţi ani (la fel cum s-ar putea întâmpla şi după impactul cu un asteroid sau după erupţia unui supervulcan).

Într-o asemenea situaţie dificilă, inteligenţa colectivă ar fi crucială. Nicio persoană nu poate înţelege de una singură smartphone-ul în întregime – o sinteză a mai multor tehnologii. Cu siguranţă, dacă am rămâne izolaţi după o „apocalipsă", ca în filmele de supravieţuire în condiţii extreme, chiar şi tehnologiile elementare ale epocii de fier şi agriculturii ne-ar depăşi pe cei mai mulţi dintre noi. Fiindcă veni vorba, acesta e şi motivul pentru care James Lovelock – savantul care a postulat ipoteza Gaia (ecologia planetară care se autoreglează) – a recomandat să fie pregătite, difuzate pretutindeni şi păstrate în siguranţă nişte „manuale de supravieţuire", care să sistematizeze tehnologia elementară. Această provocare a fost acceptată, spre exemplu, de astronomul britanic Lewis Dartnell în excelenta sa carte *The Knowledge: How to Rebuild Our World from Scratch* (Cunoaşterea: Cum să reconstruim lumea de la zero)[7].

Ar trebui să facem mai mult pentru a evalua şi apoi a minimiza probabilitatea unor pericole

globale. Trăim în umbra lor, iar ele ridică miza pentru întreaga omenire. Amenințarea emergentă din partea unor rebeli cărora tehnologia le dă putere e în creștere. Asemenea pericole ne constrâng să facem planuri internaționale (de exemplu, faptul că o pandemie devine sau nu globală ar putea să depindă de rapiditatea cu care un avicultor vietnamez este sau nu în măsură să raporteze orice boală ciudată). Iar multe provocări – de pildă, planificarea modului de a satisface nevoile energetice ale lumii, evitând totodată schimbările climatice periculoase, și de a asigura securitatea alimentară a nouă miliarde de oameni fără a pune în pericol mediul – implică perioade de acțiune de mai multe decenii, care depășesc clar „zona de confort" a majorității politicienilor. Există un eșec instituțional în ceea ce privește planificarea pe termen lung și cea globală.

Nu se poate nega că tehnologiile futuriste, dacă sunt aplicate greșit, pot duce la pericole, chiar la catastrofe. E important să ne folosim de cei mai competenți experți pentru a evalua care riscuri sunt credibile și care pot fi date deoparte ca fiind SF, și apoi să luăm măsuri de precauție pentru cele dintâi. Cum o putem face? Nu este posibil să controlăm viteza progresului, și cu atât mai puțin să

renunțăm complet la dezvoltările potențial dezastruoase, decât dacă o organizație unică ar deține controlul financiar – ceea ce este complet nerealist într-o lume globalizată în care finanțarea este mixtă: comercială, filantropică și guvernamentală. Dar chiar dacă reglementările nu se apropie nici pe departe de o eficiență de 100% – și nu prea pot face altceva decât să dea un „imbold" –, pentru comunitatea științifică e important să facă tot posibilul pentru a promova o „inovație responsabilă". Mai ales, ar putea fi esențial să influențăm ordinea în care diverse inovații ajung să dea roade. De exemplu, dacă o IA superputernică „ar deveni criminală", ar fi deja prea târziu pentru a mai controla dezvoltările ei ulterioare; pe de altă parte, o IA ținută ferm sub controlul uman, dar extrem de capabilă, ar putea ajuta la reducerea riscurilor din biotehnologie sau nanotehnologie.

S-ar putea să fie necesar ca națiunile să cedeze mai mult din suveranitatea lor unor noi organizații globale după modelul Agenției Internaționale pentru Energie Atomică, Organizației Mondiale a Sănătății ș.a. Există deja entități internaționale care reglementează traficul aerian, alocarea frecvențelor radio și altele asemenea. În plus, există protocoale ulterioare Acordului de la Paris cu privire

la schimbările climatice. E posibil să fie nevoie de mai multe entități de acest gen, pentru planificarea producerii energiei, pentru a asigura folosirea în comun a rezervelor de apă și pentru exploatarea responsabilă a IA și a tehnologiei spațiale. Granițele naționale sunt în prezent erodate, nu în ultimul rând de cvasimonopoluri precum Google și Facebook. Noile organizații trebuie să fie răspunzătoare față de guverne, dar vor trebui totodată să folosească mediile de socializare online – așa cum sunt acum și cum vor fi în deceniile viitoare – pentru a implica publicul larg. Mediile de socializare online antrenează un număr enorm de utilizatori în campaniile lor, dar bariera angajamentului lor e atât de coborâtă, încât celor mai mulți le lipsește devotamentul participanților la mișcările de masă din trecut. În plus, spațiul mediatic ușurează organizarea protestelor și intensifică discursul tuturor minorităților disidente, făcând astfel guvernarea mai dificilă.

Dar va putea fi lumea guvernată de statele-națiune? Două tendințe diminuează încrederea interpersonală: în primul rând, depărtarea și globalizarea celor cu care avem de-a face în mod curent; și, în al doilea rând, vulnerabilitatea în creștere a vieții moderne la perturbări – conștientizarea faptului că „hackerii" sau disidenții pot provoca incidente

care să declanșeze în serie altele la nivel global. Astfel de tendințe necesită măsuri de securitate care să se dezvolte rapid. Asemenea măsuri deja sunt agasante în viața noastră cotidiană – agenți de securitate, parole complicate, controale la aeroport ș.a.m.d. –, dar vor deveni probabil și mai enervante. Inovații precum tehnologia blockchain, registrul distribuit public care combină accesul liber cu securitatea, ar putea oferi protocoale care să transforme întreg internetul într-un loc mai sigur. Dar aplicațiile lor curente – care permit unei economii bazate pe criptomonede să funcționeze independent de instituțiile financiare tradiționale – par mai degrabă dăunătoare decât benefice. Este deopotrivă salutar și deprimant când îți dai seama cât de mare este partea din economie dedicată unor activități și produse care ar deveni superflue dacă am simți că putem avea încredere unii în alții.

Decalajul dintre nivelurile de bogăție și bunăstare ale țărilor nu pare să scadă. Dacă el va dăinui, riscul unor distrugeri permanente va crește. Motivul este că cei dezavantajați sunt conștienți de nedreptatea situației lor; a devenit mai ușor să călătorești și, de aceea, vor fi necesare măsuri mai drastice pentru a controla presiunile migratorii, dacă acestea vor crește. Dar, lăsând deoparte transferurile

directe de fonduri de tip tradiţional, internetul şi succesorii acestuia ar trebui să faciliteze furnizarea serviciilor pretutindeni în lume şi răspândirea tot mai largă a beneficiilor în materie de sănătate şi educaţie. Este în interesul părţii bogate a lumii să investească masiv în îmbunătăţirea calităţii vieţii şi a oportunităţilor de angajare din ţările mai sărace, minimizând nedreptăţile şi „nivelând" lumea.

5.3. Speranţe şi temeri comune

Toţi oamenii de ştiinţă au obligaţii speciale pe lângă responsabilitatea lor în calitate de cetăţeni. Există obligaţii etice pe care trebuie să le îndeplinească chiar şi cercetarea ştiinţifică: evitarea experimentelor care prezintă un risc oricât de mic de a conduce la o catastrofă şi respectarea unui cod etic atunci când cercetarea implică animale sau subiecţi umani. Probleme mai dificile apar însă când cercetarea lor posedă ramificaţii dincolo de spaţiul laboratorului şi are un potenţial impact social, economic şi etic care îi preocupă pe toţi cetăţenii – sau când dă la iveală o ameninţare serioasă, dar încă neevaluată. Nu ai fi un părinte bun dacă nu ţi-ar păsa ce se întâmplă cu copiii tăi

la maturitate, chiar dacă atunci s-ar putea să nu mai ai control asupra lor. La fel, oamenii de știință n-ar trebui să fie indiferenți în legătură cu produsele ideilor lor – care sunt creațiile lor. Ar trebui să încerce să încurajeze dezvoltarea produselor secundare benefice ale activităților lor – comerciale sau nu. Ar trebui să se opună, în măsura în care este posibil, aplicațiilor dubioase sau amenințătoare ale rezultatelor muncii lor și să-i avertizeze pe politicieni atunci când e cazul. Dacă descoperirile lor ridică probleme etice – ceea ce se va întâmpla deseori –, ar trebui să interacționeze cu publicul, conștientizând totodată faptul că n-au alte certificări în afara specializării lor.

Am putea să evidențiem câteva exemple admirabile din trecut: de pildă, savanții atomiști care au creat primele arme nucleare în timpul celui de-al Doilea Război Mondial. Soarta le-a dat un rol cardinal în istorie. Mulți dintre ei – savanți precum Joseph Rotblat, Hans Bethe, Rudolf Peierls și John Simpson (pe care am avut privilegiul să-i cunosc în anii lor de senectute) – s-au întors scăpați de griji la cercetările academice din timp de pace. Dar pentru ei turnul de fildeș nu a fost un sanctuar. Ei au continuat nu doar în calitate de universitari, ci și de cetățeni angajați, să promoveze eforturile

de a controla puterea pe care o ajutaseră să se dezlănțuie, prin academiile naționale, mișcarea Pugwash și alte forumuri publice. Au fost alchimiștii epocii lor, posesori ai unei cunoașteri specializate secrete.

Tehnologiile despre care am discutat în capitolele precedente au implicații la fel de cruciale ca armele nucleare. Dar, spre deosebire de „savanții atomiști", cei ocupați să răspundă noilor provocări reprezintă aproape toate științele și o diversitate de națiuni; ei lucrează atât în sectorul comercial, cât și în mediul academic și guvernamental. Descoperirile și preocupările lor trebuie să fie aduse la cunoștința celor care planifică și elaborează politici. Dar cum s-ar putea realiza cel mai bine așa ceva?

Crearea unor legături directe cu politicienii și cu oficialii de rang înalt poate fi de folos – la fel și crearea de conexiuni cu ONG-urile și sectorul privat. Dar experții care au activat în calitate de consilieri guvernamentali au deseori extrem de puțină influență. Politicienii sunt influențați mai ales de agenda zilei și de presă. Oamenii de știință pot realiza uneori mai multe ca „outsideri" și activiști, transmițându-și mesajul prin cărți de mare popularitate, grupuri militante, bloguri și mass-media

sau – chiar dacă perspectivele sunt foarte diverse – prin activitate politică. Dacă mesajele lor sunt reluate și amplificate de un public larg și de mass-media, cauzele globale pe termen lung vor dobândi o poziție mai favorabilă pe agenda politică.

Rachel Carson și Carl Sagan, de pildă, au fost figuri importante ale generației lor ca exemple perfecte de oameni de știință implicați – și au avut o influență imensă prin scrierile și discursurile lor. Iar asta se întâmpla înainte de epoca mediilor de socializare online și a twitter-ului. Sagan, dacă ar fi fost azi în viață, ar fi fost un conducător al „marșurilor pentru știință" – electrizând mulțimile cu pasiunea și elocvența sa.

O obligație specială le revine celor din mediul academic sau întreprinzătorilor independenți; acestora le este mai ușor să se angajeze în dezbaterea publică decât celor care lucrează pentru guvern sau în industrie. În plus, universitarii au oportunitatea deosebită de a influența studenții. În mod deloc surprinzător, sondajele arată că tinerii, care speră să trăiască cea mai mare parte a acestui secol, sunt mai angajați și mai îngrijorați de problemele pe termen lung și globale. De pildă, implicarea studențească în campaniile de „altruism eficient" crește rapid.

Cartea *Doing Good Better* (Să facem ce este bun și mai bun)[8] a lui William MacAskill este un manifest captivant. Ne amintește că îmbunătățiri urgente și semnificative ale vieții indivizilor pot fi obținute prin redistribuirea bine orientată a resurselor existente către națiunile în curs de dezvoltare sau paupere. Fundațiile bogate au o popularitate mai mare (arhetipul fiind Fundația Bill & Melinda Gates, care a avut un impact puternic, în special asupra sănătății copiilor) –, dar nici măcar ele nu au impactul pe care l-ar putea avea guvernele naționale dacă cetățenii ar exercita presiuni asupra lor.

Am subliniat deja rolul religiilor lumii – comunități transnaționale care gândesc pe termen lung și cărora le pasă de comunitatea globală, în special de săracii lumii. La inițiativa unei organizații laice, Fundația Long Now din California, va fi creat un simbol ce contrastează spectaculos cu mentalitatea noastră actuală, care pare obsedată doar de planificarea pe termen scurt. Într-o peșteră adâncă din Nevada, va fi construit un ceas de mari dimensiuni; e proiectat să ticăie (foarte încet) timp de 10.000 de ani și să sune diferit când anunță ora exactă în fiecare dintre zilele acestui interval. Aceia dintre noi care îl vor vizita în acest secol vor contempla

un monument menit să dureze mai mult decât catedralele, care le va insufla speranța că peste o sută de veacuri nu va conteni să anunțe ora exactă – și că unii dintre urmașii noștri încă îl vor vizita.

Cu toate că trăim în umbra unor pericole necunoscute și potențial catastrofale, pare că nu există niciun impediment *științific* pentru a construi o lume durabilă și sigură, în care toți să se poată bucura de un stil de viață mai bun decât cel al „occidentalilor" de azi. Putem fi optimiști din perspectivă tehnologică, chiar dacă efortul tehnologic trebuie redirecționat. Riscurile pot fi minimizate printr-o cultură a „inovației responsabile", mai ales în domenii precum biotehnologia, IA avansată și geoingineria, și prin orientarea forței propulsive a efortului tehnologic mondial spre alte zone prioritare. Ar trebui să rămânem încrezători în știință și tehnologie – nu ar trebui să frânăm progresul. Aplicarea doctrinară a „principiului prudențial" are un dezavantaj evident. Gestionarea amenințărilor globale necesită mai multă tehnologie – ghidată însă de științele sociale și de etică.

Caracterul incontrolabil al geopoliticii și sociologiei – decalajul dintre potențialitate și realitate – generează pesimism. Scenariile pe care le-am

descris – degradarea mediului, schimbarea climatică necontrolată și consecințele neintenționale ale tehnologiei avansate – ar putea reprezenta piedici serioase, poate chiar catastrofale, pentru societate. Dar ele trebuie gestionate printr-un efort internațional. Planificarea pe termen lung și cea globală se confruntă însă cu un eșec instituțional. Politicienii sunt atenți doar la votanții lor – și la următorul scrutin. Acționarii se așteaptă la profit pe termen scurt. Minimalizăm ce se întâmplă în clipa de față în țările îndepărtate. Acordăm prea puțină atenție problemelor pe care le vom lăsa moștenire noilor generații. Fără o perspectivă mai largă – fără a realiza că trăim împreună pe această planetă suprapopulată –, guvernele nu vor acorda prioritatea cuvenită proiectelor care sunt pe termen lung din perspectivă politică, chiar dacă acest termen reprezintă doar o clipă în istoria planetei.

„Nava spațială Pământ" gonește prin spațiul interstelar. Pasagerii sunt anxioși și irascibili. Sistemul de menținere a vieții este vulnerabil la disfuncționalități și la defecțiuni. Dar, în același timp, se face prea puțină planificare, se scrutează prea puțin orizontul, se conștientizează prea puțin riscurile pe termen lung. Ar fi rușinos dacă am lăsa moștenire generațiilor viitoare o lume secătuită și primejdioasă.

Am început această carte cu un citat din H.G. Wells. O închei amintind cuvintele unui înțelept om de știință din a doua jumătate a secolului trecut, Peter Medawar: „Clopotele care bat pentru omenire sunt – cele mai multe dintre ele – aidoma celor ale cirezilor din Alpi; ele atârnă la gâtul nostru și dacă nu produc un sunet vesel și armonios e numai și numai din vina noastră"[9].

Acum este momentul pentru o viziune optimistă asupra destinului vieții – în această lume și poate mult dincolo de limitele ei. Trebuie să gândim global, să gândim rațional și pe termen lung – înzestrați cu puterea dată de tehnologia secolului XXI, dar călăuziți de acele valori pe care doar știința singură nu ni le poate furniza.

Note

1. În adâncul antropocenului

1. Contele de Birkenhead, *The World 2030 AD* (Hodder and Stoughton, Londra, 1930).
2. Martin Rees, *Our Final Century* (Random House, Londra, 2003). Ediția americană (publicată de Basic Books) a fost reintitulată *Our Final Hour*.
3. Conferința lui H.G. Wells „Descoperirea viitorului" a fost susținută la Royal Institution din Londra, pe 24 ianuarie 1902, și a fost ulterior publicată într-o carte cu același titlu.
4. „Sistemele militare rezistente și amenințarea cibernetică avansată", raportul Comisiei Științifice de Apărare, ianuarie 2013. Îngrijorări similare au fost exprimate de generalul Petraeus și de alte persoane de rang înalt din SUA.
5. Versiunea revizuită din 2017 a raportului ONU „Perspective referitoare la populația mondială" estimează populația din 2050 la 9,7 miliarde de locuitori.

O altă sursă de încredere este „Proiectul privind populația" al International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), care estimează o cifră ceva mai mică.

6. Există multe rapoarte referitoare la alimentația globală și rezervele de apă – de pildă, raportul „Modelarea viitorului Pământului", întocmit de Royal Society în colaborare cu National Academy of Sciences.
7. „Viitorul nostru comun", raport al Comisiei Mondiale pentru Mediu și Dezvoltare, 1987.
8. Declarația lui Juncker este citată în *The Economist*, 15 martie 2007.
9. Conceptul de „limite ale planetei" a fost formulat într-un raport din 2009 al Centrului de Reziliență din Stockholm.
10. E.O. Wilson, *The Creation: An Appeal to Save Life on Earth* (W.W. Norton, New York, 2006).
11. Conferința din 2-6 mai 2014 a fost intitulată „Omenire durabilă, natură durabilă: responsabilitatea noastră" și a fost sponsorizată împreună de Academia Pontificală de Științe și de Academia Pontificală de Științe Sociale.
12. Alfred Russel Wallace, *The Malay Archipelago* (Harper, Londra, 1869).
13. Dintre oamenii de știință implicați în acest proiect fac parte C. Kennel de la Universitatea din

California – San Diego, în La Jolla, și Emily Shuckburgh și Stephen Briggs din Marea Britanie.

14. *The Skeptical Environmentalist* a fost publicată de Cambridge University Press în 2001. Acordul de la Copenhaga, din 2002, stă sub auspiciile Institutului de Evaluare Ecologică de la Copenhaga.
15. Raportul de evaluare Stern referitor la economia schimbării climatice, Trezoreria HM, Marea Britanie, 2006.
16. G. Wagner și M. Weitzman, *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 2015).
17. W. Mischel, Y. Shoda și M.L. Rodriguez, „Delay of Gratification in Children", *Science*, 244 (1989), pp. 933-938.
18. „Cuba's 100-Year Plan for Climate Change", *Science*, 359 (2018), pp. 144-145.
19. În Regatul Unit, ideea economiei circulare a devenit populară datorită pledoariei unei persoane care se bucură de o largă admirație, navigatoarea în jurul globului Ellen MacArthur.
20. Un excelent studiu de geoinginerie este Oliver Morton, *The Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 2016).

2. Viitorul omenirii pe Pământ

1. Arhivele lui Robert Boyle și în special acest document sunt discutate de Felicity Henderson într-un raport al Royal Society din 2010.
2. Această listă poate fi consultată online la adresa https://www.telegraph.co.uk/news/uknews/7798201/Robert-Boyles-Wish-list.html.
3. Două cărți extrem de accesibile referitoare la aceste inovații sunt Jennifer A. Doudna și Samuel S. Sternberg, *A Crack in Creation* (Houghton Mifflin Harcourt, Boston, 2017) (Jennifer Doudna este unul dintre inventatorii tehnologiei CRISPR/Cas9) și Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History* (Scribner, New York, 2017) (ed. rom.: *Gena. O istorie fascinantă*, All, București, 2018 – n.tr.).
4. Acest articol, publicat de D. Evans și R. Noyce de la Universitatea Alberta, se găsește în *PLOS One* și este discutat în *Science News* pe 19 ianuarie 2019. Ryan S. Noyce, Seth Lederman, David H. Evans, „Construction of an Infectious Horsepox Virus Vaccine from Chemically Synthesized DNA Fragments", *PLOS One* (19 ianuarie 2018): https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188453.
5. Chris D. Thomas, *Inheritors of the Earth* (Allen Lane, Londra, 2017).
6. Steven Pinker, *The Better Angels of Our Nature: Why Violence has Declined* (Penguin Books, New York, 2011).

7. Freeman Dyson, *Dreams of Earth and Sky* (Penguin Random House, New York, 2015).
8. O perspectivă de ansamblu asupra acestor evoluții poate fi găsită în Murray Shanahan, *The Technological Singularity* (MIT Press, Cambridge, MA, 2015) și Margaret Boden, *AI: Its Nature and Future* (Oxford University Press, Oxford, 2016). O perspectivă mai speculativă e oferită de Max Tegmark, *Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence* (ed. rom. *Viața 3.0. Omul în epoca inteligenței artificiale*, Humanitas, București, 2019).
9. David Silver *et al.*, „Mastering the Game of Go without Human Knowledge", *Nature*, 550 (2017), pp. 354-359.
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Reported_Road_Casualties_Great_Britain.
11. Scrisoarea a fost coordonată de Future Life Institute de la MIT.
12. Stuart Russel e citat după *Financial Times*, 6 ianuarie 2018.
13. Vezi Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biologiy* (Viking, New York, 2005).
14. P. Hut și M. Rees, „How Stable Is Our Vacuum?", *Nature*, 302 (1983), pp. 508-509.
15. Argumentele lui Derek Parfit sunt prezentate în partea a IV-a a lucrării sale *Reasons and Persons* (Oxford University Press, New York, 1984).
16. Treceri în revistă de bună calitate ale acestor riscuri extreme găsim în Nick Bostrom, Milan Ćirković

(eds.), *Global Catastrophic Risks* (Oxford University Press, Oxford, 2011), și Phil Torres, *Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks* (Pitchstone, Durham, NC, 2017).

3. Omenirea în perspectivă cosmică

1. Citat în Carl Sagan, *Pale Blue Dot: A Vision of Human Future in Space* (Random House, New York, 1994) (ed. rom. *Un palid punct albastru. Viziune asupra viitorului omenirii în spațiu*, Herald, București, 2017 – n.tr.).
2. Alfred Russel Wallace, *Man's Place in the Universe* (Chapman and Hall, Londra, 1902) – această carte poate fi descărcată liber prin proiectul Gutenberg.
3. Michel Mayor, Didier Queloz, „A Jupiter-Mass Companion to a Solar-Type Star", *Nature*, 378 (1995), pp. 355-359.
4. Cele mai bune informații despre rezultatele navei cosmice *Kepler* pot fi găsite pe situl NASA: https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html.
5. Michaël Gillon *et al.*, „Seven Temperate Terrestrial Planets Around the Nearby Ultracool Dwarf Star TRAPPIST-1", *Nature*, 542 (2017), pp. 456-460.
6. Accelerarea cu laser a fost discutată de inginerul vizionar Robert Forward în anii 1970. Mai recent, studii detaliate au fost realizate de P. Lubin, J. Benford ș.a. Iar Proiectul Starshot, sprijinit de Fundația

Breakthrough a lui Iuri Milner, analizează în mod serios posibilitatea ca o sondă de mărimea unei vafe să fie accelerată la 20% din viteza luminii, astfel încât să ajungă la cele mai apropiate stele în douăzeci de ani.

7. Introduceri bune în acest subiect sunt Jim Al-Khalili (ed.), *Aliens: The World's Leading Scientists on the Search for Extraterrestrial Life* (Picador, New York, 2017), și Nick Lane, *The Vital Question: Why Is Life the Way It Is?* (W.W. Norton, New York, 2015).
8. Există o bibliografie enormă referitoare la pulsari, dar o prezentare generală este oferită de Geoff McNamara, *Clocks in the Sky: The Story of Pulsars* (Springer, New York, 2008).
9. Exploziile radio rapide sunt studiate intens și ideile se schimbă rapid. Cea mai bună referință e Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_radio_burst.

4. Limitele și viitorul științei

1. O biografie a lui Conway este cea a lui Siobhan Roberts, *Genius at Play: The Curious Mind of John Horton Conway* (Bloomsbury, New York, 2015).
2. Acest eseu poate fi găsit în Eugene Wigner, *Symmetries and Reflections: Scientific Essays of Eugene P. Wigner* (Indiana University Press, Bloomington, 1967).

3. Citatul e dintr-un articol clasic din 1931 al lui Paul Dirac, intitulat „Quantised Singularities in the Electromagnetic Field", *Proceedings of the Royal Society A*, 133 (1931), p. 60.
4. O prezentare excelentă a acestei descoperiri și a contextului ei este oferită de Govert Schilling în *Ripples in Spacetime* (Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, 2017).
5. Freeman Dyson, „Time without End: Physics and Biology in an Open Universe", *Reviews of Modern Physics*, 51 (1979), pp. 447-460.
6. Martin Rees, *Before the Beginning: Our Universe and Others* (Basic Books, New York, 1997).
7. David Deutsch, *The Beginning of Infinity: Explanations that Transform the World* (Viking, New York, 2011).
8. Darwin într-o scrisoare către Asa Gray din 22 mai 1860. Darwin Correspondance Project, Cambridge University Library.
9. William Paley, *Evidences of Christianity* (1802).
10. Fragmente din această secțiune au apărut în Martin J. Rees, „Cosmology and the Multiverse", în *Universe or Multiverse*, ed. Bernard Carr (Cambridge University Press, Cambridge, 2007).
11. John Polkinghorne, *Science and Theology* (London: SPCK/ Fortpress Press, 1995).

5. Concluzii

1. E.O. Wilson, *Letters to a Young Scientist* (Liveright, New York, 2014).
2. Opera esențială a lui Karl Popper referitoare la metoda științifică este *The Logic of Scientific Discovery* (Routledge, Londra, 1959) – o traducere a versiunii germane inițiale publicate în 1934. În anii dintre cele două evenimente, Popper și-a sporit reputația prin impresionanta sa contribuție la teoria politică: *The Open Society and Its Enemies* (ed. rom. *Societatea deschisă și dușmanii ei*, Humanitas, București, 2005 – n.tr.).
3. P. Medawar, *The Hope of Progress* (Anchor Press, Garden City, NY, 1973), p. 69.
4. T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago, 1962) (ed. rom. *Structura revoluțiilor științifice*, Humanitas, București, 2008 – n.tr.).
5. Accesibila carte *The Meaning of Science* a lui Tim Lewens (Basic Books, New York, 2016) oferă o critică limpede a ideilor lui Popper, Kuhn și ale altora.
6. Jared Diamond, *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed* (Penguin, New York, 2005).
7. Lewis Dartnell, *The Knowledge: How to Rebuild Our World from Scratch* (Penguin, New York, 2015). Asemenea cărți sunt educative. E cu siguranță

regretabil că atât de mulți dintre noi nu cunosc tehnologiile elementare de care depindem.

8. William MacAskill, *Doing Good Better: Effective Altruism and How You Can Make a Difference* (Random House, New York, 2016).
9. *The Future of Man* (1959).

Index

23andMe, 94
Academia Pontificală de Ştiinţe, 42
acceleratoare de particule: Marele Accelerator de Hadroni de la CERN, 130, 235-36; speculaţii privind riscurile, 125-36; şi echipe lucrând la proiectele mari de, 234
acidificarea oceanului, 69-70
ADN: şi editare genetică, 79-80; ca fundament al eredităţii, 80. *Vezi şi* genoame
Africa: tehnologia informaţiei în, 35-37, 97-98; Premiul Mo Ibrahim pentru leadership în, 37; mesajul papal recepţionat în, 43; tendinţele populaţiei în, 38-40; energia solară în, 59
Agenţia Internaţională pentru Energie Atomică, 248
agricultură: începuturi, 1; vehicule fără şofer în, 107; energie şi apă pentru, 30-32; organisme modificate genetic, 32, 78; şi internet în ţările în curs de dezvoltare, 98; tehnici moderne în, 33, 98; *vezi şi* producţie de alimente
Alcor, 95-96
Aldrin, Buzz, 158
Allen, Woody, 203
AlphaGo, 101-3, 122, 217
AlphaGo Zero, 102
altruism eficient, 254-55
Alzheimer, eşecul medicamentaţiei, 241
Ambrosia, start-up pentru prelungirea vieţii, 93-94
Anders, Bill, 137
Anderson, Philip, 201
Andromeda, galaxie, 203
antimaterie, 193
antropocen, 9, 40
Apollo, programul, 137, 156, 158-59, 165
Arhimede, 189
Arhipov, Vasili, 24
arme biologice, ale guvernelor, 88
arme nucleare: şi Războiul Rece, 24-25; şi penuria globală de alimente, 245-46; nu sunt neapărat o ameninţare, 126-27; şi angajamentul public al oamenilor de ştiinţă, 252-53; ca ripostă la atacurile cibernetice, 28
Armstrong, Neil, 136, 158
arte şi meserii, renaştere, 113
Asilomar, Conferinţă, 87-88

asteroid, impactul cu: și penuria de alimente, 246; și dezastrul existențial, 131; și pietre ajunse de pe Marte pe Pământ, 147; distrugere nucleară comparată cu, 21, 25; prevenirea impactului cu, 21-22, 53-53; ca eveniment rar dar extrem, 21, 89
asteroizi: stabilirea unor baze pe, 170; călătorie spre, 169
astrobiologie, 148. *Vezi și* extratereștri inteligenți; planete
astrologie, 15, 148
atac cibernetic, amenințare, 27-28, 110
atomi: extratereștri compuși din, 182; și complexitate, 197-98; constituenți ai materiei, 189-90, 192; înțelegere dificilă, 221-22; numărul lor în universul vizibil, 208; și teoria cuantică, 190, 233

Bacon, Francis, 73
bancă de spermă. *Vezi* Repository for Germinal Choice
baterii litiu-ion, 60
baterii, tehnologie, 60-62
Baumgartner, Felix, 170
Baxter, robot, 122
Before the Beginning (Rees), 212
Beginning of the Infinity, The (Deutsch), 219
Bethe, Hans, 252
Better Angels of Our Nature, The (Pinker), 89
Bezos, Jeff, 166
Big Bang: și nașterea universului 128; lanț de complexitate pornind de la, 186-87, 244; și condițiile din acceleratoarele de particule, 127-28; și înțelegerea de către extratereștri inteligenți, 182; legile fizicii așa cum apar în, 224; nu singurul univers posibil, 206, 208-9, 210-11 (*vezi și* multivers)
Bill & Melinda Gates, Fundația, 255
biocombustibil, 41, 63
biodiversitate: pierderea, 41-42, 78; cum administrăm, 44
biohacking, 88, 91, 122
biotehnologie: beneficii și vulnerabilități, 12-13; îngrijorări privind etica, 86-88; îngrijorări privind siguranța, 86-89, 133, 248; responsabilitatea inovației în, 248-49, 251; amenințări catastrofice datorate, 89, 125-27; și consecințe impredictibile, 75. *Vezi și* genoame
Biserica Catolică: opoziție față de cercetările embrionare, 77; și administrarea planetei, 43-44
Blockchain, 250
Blue Origin, 166
bombe murdare, 67-68
Borucki, Bill, 150
bosonul Higgs, 243
Boston Dynamics, 103
Boyle, Robert, 73-75
Breakthrough Listen, 178
Brewster, David, 144
Brooks, Rodney, 122
Brudtland, Gro Harlem, 34
Bruno, Giordano, 148

C4, calea, 32
calcul cuantic, 210, 218
calculatoare: și dezvoltare spectaculoasă a procesoarelor, 97; și seturi uriașe de date, 192, 236; supercomputerele inteligenței postumane, 193-94; calculatoare cuantice, 174, 218; experimente virtuale cu, 216. *Vezi și* IA (inteligență artificială); tehnologia informațiilor (IT)
Calea Lactee, galaxie: viitorul ei, 203-4; milioane de planete similare Pământului în, 141, 165; observată cu telescoape, 141
capcana sărăciei, 39
captatoare de energie solară în spațiu, 163
carbon pur, reducerea emisiilor, 57
carbon: captare și stocare, 63; sechestrare, 62; taxă pe, 54
Carson, Rachel, 254
Cassini, sondă spațială, 162-63
catastrofe: în analiza lui Diamond privind cinci societăți, 245; și sfârșitul omenirii sau al vieții, 15, 127-38; și încălzirea globală, 49-50, 51, 68-69; și amenințări naturale care pot duce la, 22-23; și nevoia de planificare internațională, 247, 248-49, 257; pericol sporit datorită interconectării globale, 89, 125-27, 245-46
călătorie interstelară, 14, 92, 172
Căutarea Vieții Extraterestre Inteligente (SETI), 178, 184-86. *Vezi și* extratereștri inteligenți; planete
celule stem, 77
cercetare medicală: și descurajarea tinerelor talente, 240-41; și necesitatea refocalizării asupra științei fundamentale, 241
cercetări embrionare, 77, 86
cercetări privind animalele, etica, 251-52
cerere de energie: pentru agricultură, 30-31; pentru calculatoare, 102; datorată creșterii demografice, 245; nevoia de planificare globală, 247-48
Challanger, dezastrul, 165
China: și tehnologia informației, 97, 98; politică a copilului unic, 30; și programul spațial, 165-66
cibernetică, beneficii și vulnerabilități, 11, 75-76, 133-34
cip de siliciu, complexitate, 198
clase dezavantajate digital, 90
clorofluorocarburi (CFC), 40, 57, 183
cloud: înregistrări personale în, 104
Clubul de la Roma, 30
Collapse (Diamond), 245
combustibili fosili: și încălzirea globală, 50-51, 69-70; produc CO_2, 49, 50; mai ieftini ca energia solară, 59; și factorul de sensibilitate climatică, 50; și extragerea CO_2 direct din atmosferă, 69; origine, 140; planul B pentru, 69
cometă, misiunea sondei *Rosetta*, 162
Comisia Interguvernamentală privind Schimbarea Climatică (CISC), 48-50, 69

complexitate: a astronomiei *vs* științe umane și biologice, 198; definiție, 198-202; emergență, 202-3; a ființelor umane, 186, 197-98; măsurarea de către Kolmogorov, 197-99; a lucrurilor vii, 197-99; rezultat al unor reguli simple, 199-200; evoluție după Big Bang, 186, 244
Conferința privind schimbările climatice de la Paris din 2015: Mission Innovation, 58; și enciclica papală, 43-44; protocoale ulterioare, 54, 248-49; și ținta de temperatură 48, 50; rezultate incerte, 50-51
Consensul de la Copenhaga, 52
consumerism, 45
conștiință: și sistemele IA, 123; și dezvoltare de la Bing Bang până azi, 186. *Vezi și* conștiință de sine
conștiință de sine: și IA, 123, 174-75; și misterul creierului, 220. *Vezi și* conștiință
controlul traficului aerian, 125, 248
Conway, John, 190-91, 194, 199
cosmologie: ca parte vitală a culturii comune, 244. *Vezi și* Big Bang
Coursera, 114
creaționism, 221-22
creier, implanturi pentru descărcarea memoriei, 121
creier: știința fundamentală necesară aplicațiilor medicale la, 241; și complexitate de la Bing Bang până azi, 244; și complexitatea, 198, 201-2; și simulare pe calculator, 216; și limita înțelegerii umane, 215-16, 218-20; și misterul conștiinței de sine, 219
creștere demografică: și dioxidul de carbon din atmosferă, 47; creștere încetinită, 29; hrană și resurse ca mijloc de menținere a păcii, 29; și pierderea biodiversității 41; populație de 9 miliarde în 2050, 29-31; prevederi pentru viitor, 38-39; și consecințe importante tehnologice, 245; presiuni asupra mediului, 10, 19, 29-32; și maxim sustenabil 31-32; ca subiect tabu, 30; tehnologii la care se poate recurge, 11
creștere economică, economisirea resurselor, 34
creșterea nivelului mărilor, 48
Crick, Francis, 233-34
criogenie, 95-96
CRISPR/Cas9, 79-80, 86-87. *Vezi și* editare genetică
criza financiară din 2008, 125
Cuba, plan de mediu, 55; criza rachetelor, 24-25, 27
Curiosity, sondă spațială, 146, 163
cursuri online, 114
cutremure de pământ, 22
Cutzen, Paul, 40
cyborg, tehnologii, 13, 171-72

Dartnell, Lewis, 246
Darwin Charles, 138-39, 199, 221. *Vezi și* evoluție
Dasgupta, Partha, 42

Deep Blue, 101
DeepMind, 100-1, 122
degradarea mediului, 28, 244-45, 257
Dengue, virus, 87
descurajare nucleară, 26
design inteligent: biologic, 222-23; tehnologic, 203
detector de unde gravitaţionale, 196
Deutsch, David, 218-19
dezastre. *Vezi* catastrofe
dezvoltare durabilă, 34
Diamond, Jared, 245
diferenţe naţionale şi religioase, 116; şi cultura globală ştiinţifică, 243-44
Dijkstra, Edsger, 123
dinozauri, 23, 177, 243
dioxid de carbon: în atmosferă, 1, 47-52; istorie cosmică a atomilor de carbon în, 140-41; reducere la nivelul preindustrial, 62; extracţia directă a, 70; şi vehicule electrice, 57; creştere accelerată anticipată în, 68-70. *Vezi şi* schimbare climatică, încălzire globală
Dirac, Paul, 192-93, 239
distrugeri în masă, 10, 41
Doing Good Better (MacAskil), 255
Drake, Frank, 178
drone: război automatizat cu, 116-17; livrări cu, 109-10; în Orientul Mijlociu, dar controlate din SUA, 116
Dumnezeu, 43, 92, 220-21, 225,
durată de viaţă: etica măsurilor extreme la sfârşitul, 81; prelungirea prin descărcarea gândurilor şi a amintirilor, 121; îmbunătăţiri până în prezent, 12; cercetări pentru prelungire, 92-95
Dyson, Freeman, 91-92, 122, 183, 205
Dyson, sferă, 183

economie circulară, 56
editare genetică, 79-80, 87-88
educaţie: şi inegalitate globală, 34, 250-51; şi internet, 96; învăţare continuă, 114; îmbunătăţire actuală pentru majoritatea lumii, 12; a femeilor, 38
edX, 114
E-ELT (Telescopul European Extrem de Mare), 153-54, 156
efect de seră 47, 69; pe Venus, 154. *Vezi şi* încălzire globală
eficienţă energetică, 56-57
Ehrlich, Paul, 30
Einstein, Albert, 128, 190, 192, 205
Einstein, teoria relativităţii: şi găurile negre, 128, 190; şi viteza constantă a luminii, 232; teoria generală, 128, 190, 205, 209; relaţia cu fizica newtoniană, 233-34
eliminarea deşeurilor radioactive, 53
embrion, proiectare, 79-80
energia mareelor, 61
energia valurilor, 51
energie eoliană, 59, 61
energie geotermală, 61
energie nucleară, 63-67; bazată pe fizica secolului XX, 75-76; pentru generarea energiei cu emisii de carbon scăzute, 58;

perspective privind fuziunea, 58, 65-66; teamă de radiații, 64, 66; utilizare pentru zboruri spațiale, 169
energie regenerabilă, 59-62, 71
energie solară, 59, 60, 62, 97-98, 163
energie, înmagazinare, 59-61
energie, managementul în seturile de date Google, 102
energie, producere cu emisie scăzută de CO_2, 55-57
epuizarea ozonului, 40
eră postumană, 171-76, 181, 186-87
eroare biologică, 85, 88, 90-91
etică: și inteligență artificială, 120; în biotehnică, 86-88; și progresele medicinei, 81-86; și implicarea oamenilor de știință, 87-88; tehnologia preocupată de, 256-57; și valori pe care știința nu le poate furniza, 257
eugenie, 30, 81
Europa, 106, 115, 146, 147, 236
evoluție postumană, 15, 174-75, 203
evoluție: strangulări în, 176-77, 180; și creaționism, 220-22; ca idee unificatoare, 199; și designul inteligent, 222-23; și oamenii de știință religioși, 226-67; ca parte virtuală a culturii comune, 244. *Vezi și* Darwin, Charles; evoluție postumană
explorarea cosmosului, 138, 141-42. *Vezi și* călătorie în spațiu
explozii solare, distrugerea comunicațiilor, 23
extincție, 10, 42; a omenirii, 134-34
extratereștri inteligenți: comunicare prin cultura comună matematică, 182, 192; cu percepție diferită a realității, 182, 216; speculații anterioare istorice, 144-45; istoria Pământului văzută de, 7-8; probabilitatea de a exista, 176-77, 184; posibilitatea răspândirii în cosmos, 14, 178; căutarea lor, 178-87. *Vezi și* planete; Căutarea Vieții Extraterestre Inteligente (SETI)

Facebook, 91, 249
factor de sensibilitate climatică, 50, 68
femei, educație și emancipare, 38
fermoar, inventarea, 230
fertilizare in vitro (FIV), 79-80
filosofi naturali, 73
filozofi ai științei, 231-32
fonduri hedge, analiză automată a datelor, 117
fractali, 191, 199, 219
Francis, papa, 43
Fukushima Daiichi, dezastrul, 63-4, 66-68
fuziune nucleară: ca sursă de energie 58, 65-66; în Soare și stele, 140

Gagarin, Iuri, 157
Gaia, ipoteză, 246
Galapagos, insule, specii invazive pe, 87
galaxii: simularea pe calculator a, 216; număr finit ce poate fi

observat, 206; oamenii au realizat că sunt miliarde, 208; Calea Lactee, 141, 154, 203; separarea lor de unele forțe misterioase, 204
Gandhi, Indira, 30
Gandhi, Mahatma, 34
Gates, Bill, 58
gaz, energie, 61
găuri negre: în centrul Căii Lactee, 141; ciocnindu-se una de alta, 196; teoria lui Einstein aplicată lor, 128, 190, 211; evaporarea, 204; și temeri despre acceleratoarele de particule, 128-29; ca simple entități, 190, 197-98; telescoape spațiale care le observă, 161-62
gândire pe termen lung, 257. *Vezi și* termen scurt
gene, tendințe, 87-88
generații viitoare, 52-53, 54-55, 255-56; și posibilitatea extincției omenirii, 134-34
genoame: analiza lor pe calculator, 218; ale microbilor intestinali, 94; costuri de secvențiere, 76; secvențiere și 23andMe, 94; sintetizarea lor, 76, 218
geoinginerie, 69-71, 256
Gillon, Michaël, 151
Glenn, John, 157-58
go, 101; și Jocul Vieții al lui Conway, 191
Goldilocks, planetă, 146
Google, 100, 102, 122
googol 208
googoplex 208
GPS, sateliți, 108, 160, 190
Gray, Asa, 221
gripă, virus H5N1, 85
Groenlanda, topirea ghețarilor, 48, 51

hacking: și sistemele vehiculelor, 110-11; și dezvoltarea măsurilor de securitate, 248; și instituțiile financiare, 28
Hadfield Chris, 160
Handle, robot, 103
Hassabis, Demis, 100, 122
Hawking, Stephen, 170
Hinton, Geoff, 99-100
hipercomputere, și inteligență postumană, 194, 201
Hoyle, Fred, 211
hrană, producția de: și folosirea antibioticelor, 85; planificare pentru un mediu sustenabil, 247; și încălzirea globală; 50; insectele în, 33; și pierderea în biodiversitate, 41; înlocuitori de, 33, 71; posibilitatea unui colaps global, 245; tehnologii pentru, 34. *Vezi și* agricultură
Hrușciov, Nikita, 24
Human Longevity (start-up), 94

IA (inteligență artificială): avioane pilotate de, 109; beneficii și riscuri, 11, 75; îngrijorare privind deciziile luate de, 120, 133; și recunoașterea facială, 99, 103, 105, 117; și calculatoare pentru jocuri, 100-1, 103, 122, 217-18; combinații genetice identificate cu, 80-81; și inteligență de nivel uman, 118-25; inteligență

anorganică, 172-73, 180, 193-94; și recunoașterea irisului, 99; și afectarea locurilor de muncă, 105-7; și mașini de învățat, 99-100, 103-4, 163-64; în stadiu infantil, 105; și personalizarea învățământului online, 114-15; ca amenințare la adresa civilizației, 110, 125-26; și evoluția postumană, 174-75, 203-4; și îngrijorarea privind intimitatea, 105-6; și responsabilitatea inovației, 122-23, 251; și conștiința de sine, 110, 123, 174-75; și vehiculele fără șofer, 107-8, 110, 118-19; și recunoașterea vorbirii, 99, 103; în război, 117. *Vezi și* roboți
iarnă nucleară, 26, 247
Ibrahim, Mo, 37
identitate personală, 121
imigrare. *Vezi* migrație
impedimente politice: pentru gestionarea schimbărilor globale antropice 40-41; și scopurile electorale 36-37, 257; pentru îmbunătățirea vieții celor săraci, 34; și opinia publică, 16; pentru influențarea politicii de către oamenii de știință, 253-54; și gândirea pe termen scurt 37, 85, 118; pentru o lume durabilă și sigură, 256
imprimare 3D: și bunuri de larg consum mai ieftine, 39; și substituția organelor, 84
India: și tehnologia informației, 98; energie solară în, 59
inegalitate: într-o lume interconectată, 12, 115; și investițiile națiunilor bogate, 36-37; riscuri asociate cu, 115, 250-51; și dezvoltare sustenabilă, 35
Infiltrarea IA pe internet, 120
Inginerie: aeronautică, 218; în agricultură, 30-31; și fundamentele fizicii, 190; schimbări în, 230
Inheritors of the Earth (Thomas), 87
inovație responsabilă, 122, 248
insecte comestibile, 33
instituții internaționale, 16, 28, 41, 248
inteligență: strangulări în evoluția vieții, 176-77; postumană, 193-94, 219-20; a oamenilor de știință, 230-31. *Vezi și* IA (inteligență artificială); extratereștri inteligenți; inteligență anorganică
inteligență postumană, 193-94, 220. *Vezi și* inteligență anorganică
inteligențe anorganice, 172-74, 180. *Vezi și* roboți inteligenți
intensificare sustenabilă a agriculturii, 31, 32
internet: și nivelarea educației și sănătății globale, 97-98; diferențieri naționale și religioase, 116; și securitatea pe, 249-50. *Vezi și* tehnologia informației (IT); social media
intimitate; și sistemele IA, 104-5; și deplasarea societății spre limitarea acesteia, 90-91
investiții în infrastructură, 35-36
Iran, program de înarmare nucleară, 28

îmbătrânire. *Vezi* durată de viață
înaltă tensiune în curent continuu, linie de *(ITCC), 60*
încălzire globală: catastrofică, 49, 51, 69-70; obiectiv de sub 1,5°C, 50. *Vezi și* dioxid de carbon în atmosferă; schimbare climatică
îngrijire medicală: și inegalitățile globale 250-51; și internet, 98, 250
îngrijitori, nevoia de, 111-13
înlocuirea mitocondriilor, 79-80
înlocuitori de hrană, 33
înmagazinarea hidrogenului, 60, 62
învățare continuă, 114
învățarea mașinii, 99, 103, 163
învățământ la distanță, 114-15
Înviere, 225

Jocul Vieții, 190-91, 199
Juncker, Jean-Claude, 36

Kardașev, Nikolai, 178
Kasparov, Garri, 101-2
Keeling, Charles, 47
Kennedy, John F., 24
Kepler, Johannes, 150
Kepler, proiect, 150-51
Knowledge: How to Rebuild Our World from Scratch, The (Dartnell), 246
Kolmogorov, Andrei, 197, 199
Kolmogorov, complexitate, 197-99, 219
Kuhn, Thomas, 233
Kurzweil, Ray, 94-95, 124

Lee Sedol, 102
Lehrer, Tom, 24
Leonov, Alexei, 157
lift spațial, 169
limitele planetei, 141
Linde, Andrei, 214
locuri de muncă: securitate și salarii în scădere, 105-6; perturbate de tehnologie, 11; în servicii private, 111-12; renașterea artelor și meseriilor, 113; și scurtarea săptămânii de lucru, 113; preluate de mașini, 105-9
Lomborg, Bjørn, 52
Long Now, Fundația, 255
Lovelock, James, 246
Luna: misiune chinezească pe fața întunecată, 165-66; bază permanentă umană pe, 164-65; excursii private în jurul, 166; telescoape plasate pe fața întunecată, 164

MacAskill, William, 255
Man's Place in the Universe (Wallace), 144
Mandelbrot, Benoit, 191, 199
Mandelbrot, mulțime, 199, 219
Marele Accelerator de Hadroni de la CERN, 235
Marte: *Curiosity*, vehicul pe, 145-46, 163; stabilirea unei baze pe, 170-71; viața pe Pământ putea să provină de pe, 147; și misiuni cu echipaj uman, 165-66; putere nucleară pentru a călători spre, 168-69; călătorii propuse în jurul lui, 168
masă plastică, 45-46

matematica, limbaj ştiinţific, 192-93
materie întunecată, 204
Mayor, Michel, 149
măsuri de securitate, 248-50
McAuliffe, Christa, 165
mecanica fluidelor, 201
mecanică cuantică, 190, 209, 233, 239
Medawar, Peter, 232, 258
medicamente, concepute cu ajutorul calculatoarelor, 218
megaoraşe în ţări în curs de dezvoltare, 30, 37, 90, 125
Mercur, 145
metan: ca gaz de seră, 57; pe Marte, 145; pe Titan, 146, 155
metformină, 94
metodă ştiinţifică, 230-31
Michelson-Morley, experiment, 232-333
migraţie: scăderea presiunii, 36; modificare datorată internetului şi a călătoriilor, 115-16; datorată schimbării climei, 51; şi inegalitate globală 250-51; ca speranţă împotriva pauperizării, 116; tehnologia ca stimul al, 35-36
Milner, Iuri, 178
miracole, condiţii să devii sfânt, 225-26
Mischel, Walter, 54
Mission Innovation, 58
moarte: asistată, 82-83; cerebrală, 83; şi transplanturi de organe, 83
Moartea Neagră, 89, 245
Modi, Narendra, 58
modificare genetică: a animalelor, 32, 78; a culturilor, 31-32, 78; patogeni de, 85, 90, 133
modificare genetică a oamenilor: şi proiectare embrionară, 79-80; fără precedent, 13; a pământenilor în spaţiu, 172. *Vezi şi* editare genetică; alterarea liniei embrionare
modificarea liniei germinale, 86
Monsanto, 78
Moore, legea lui, 109-10
More Worlds Than One (Brewster), 144
motoare diesel, în Europa, 57
multivers, 206, 209, 201, 212, 214, 224
muncă. *Vezi* locuri de muncă
Musk, Elon, 60, 166, 170

nanotehnologie, 97, 184, 248
navetă spaţială, 165, 168
Neanderthal, clonă potenţială, 96
necunoscute necunoscute, 215
nemurire, prin descărcarea gândurilor şi a amintirilor, 121
New Horizons, navetă spaţială, 162
Newton, Isaac, 153, 189-90, 195, 213, 221, 223, 233

oameni de ştiinţă: vârsta lor, 237-39; amatori şi neprofesionişti, 179, 241-42; şi traiectoria carierei în cercetare, 236-39; şi independenţa cercetării universitare, 240-41; şi abilitatea academică, 231; implicare şi dileme etice 86-87; şi filosofi, 231-34
Obama, Barack, 58
Open University, Marea Britanie, 114

optimism: despre destinul vieții, 258; despre progresul moral, 12; despre schimbarea climatică, 51; despre tehnologie, 51; și mașini care depășesc capacitatea umană, 124-25; și neliniștea lui Wells, 20
orașe. *Vezi* megaorașe în țări în curs de dezvoltare; urbanizare
orez auriu, 32
Organizația Mondială a Sănătății (OMS), 32, 248
Originea speciilor (Darwin), 138-39, 223
originea vieții, 146-47, 155-56
Our Final Hour (Rees), 18

Paley, William, 223-24
pandemii: și progrese în microbiologie, 84-85; și călătoria cu avionul, 125-26; ca amenințare globală, 245-47; și dimensiunea efectelor negative, 89-91
Parfit, Derek, 134
Pauli, Wolfgang, 238
Pământ: ipoteza Gaia, 246; istorie, 55; milioane de secole, 7-8; fără posibilitate de a scăpa în spațiu, 171; ca unic loc cunoscut pe care există viață, 138; posibile planete gemene, 149; îi purtăm de grijă, 16
Peierls, Rudolf, 252
pesimism, 256-57
Petrov, Stanislav, 25
Pfizer, abandonarea medicamentelor neurologice, 241
piețe financiare, calculatoare în, 28, 118, 125, 218
Pinker, Steven, 88-89
planete: ca o consecință a Big Bangului, 244; aflate în jurul stelelor, 148-49; locuibile, 142-43, 154-55; nave spațiale trimise spre, 162-64; tehnici de a le descoperi 148-49, 150-52. *Vezi și* Pământ; Marte; sistem solar; *Venus*
PlanetLab, 161
planificarea infrastructurii, 53-55
plăci tectonice, 199
Pluto, 162
poliomielită, virus sintetizat, 76
politici de mediu, un orizont de planificare a, 53-54
Polkinghorne, John, 224-25
Popper, Karl, 232-33
pozitroni, 193
previziuni: și complexitatea, 199; dificultăți privind schimbările nepredictibile, 13; limite fundamentale ale 195-96; istoria erorilor în, 17-18
principiul prudențial, 133, 256
producție de bunuri: dispersia globală, 125; și inechitățile între națiuni, 115; și mașinile care o preiau, 106, 115
progres medical: probleme etice asociate cu, 81-86; disponibilitate inegală a, 11
progres moral, 12. *Vezi și* etică
Proiectul Manhattan, 126-27
Proiectul Orion, 92
proprietăți emergente, 201, 213, 244
proprietățile materiei, determinate cu ajutorul calculatoarelor, 217-18

punct palid albastru, 16, 137, 152, 186
puncte critice, 10, 29, 41, 50

Queloz, Didier, 149

R & D pentru temperarea schimbării climei, 58
radiație: reguli stricte pentru radiații de nivel scăzut, 66-68; teamă de, 64, 66
radiotelescoape, 153, 178, 236; radiotelescopul ALMA din Chile, 236
Ramanathan, Ram, 42
rata de actualizare și generațiile viitoare, 25, 52-53
război, și noile tehnologii, 117
Războiul Rece, 23-27
reactor pe bază de toriu, 65
Reactorul Experimental Termonuclear Internațional (RETI), 65
realitate fizică: și percepția ei diferită, 142, 216; și amenințări induse de oameni, 135-36; și putere limitată a minții omenești, 15, 214-16, 220; și univers observabil, 162, 207, 210, 212; concepția noastră limitată despre, 209. *Vezi și* multivers; univers
realitate. *Vezi* realitate fizică
reciclare, 46, 56, 140
recunoașterea facială, 99, 103, 105, 117
recunoașterea irisului, 99
recunoașterea vorbirii, 99, 103
redistribuirea bogăției, 12, 111-12
reducționism, 201, 202
refugiați: investiții pentru crearea locurilor de muncă pentru, 36. *Vezi și* migrație
reglementări: internaționale, 248-49; pentru tehnologii potențial periculoase, 248; și mentalități publice, 44-45
religie, 229-38; Biserica Catolică, 43-44, 77; aspecte comunale și rituale, 227; implicare în chestiuni globale, 255-56; și evoluție, 221-23; viziunea oamenilor de știință despre, 220-21; și străduania pentru coexistența pașnică, 226-27
Repository for Germinal Choice, bancă de spermă, 81
rețea vulnerabilă, 125-26. *Vezi și* rețele electrice; internet
rețele electrice: și avarii catastrofice, 125-26; și atacuri cibernetice, 29; întreruperi datorate exploziilor solare, 23; de înaltă tensiune în curent continuu (ITCC), 60; optimizare cu ajutorul IA, 102
revoluție copernicană, 210, 233
rezerve de apă: și încălzirea globală, 50; planificare internațională pentru, 249; folosire la producerea hranei, 31
rezistență la antibiotice, 85
rinichi vânduți pentru transplant, 84
roboți inteligenți, 14, 136, 174. *Vezi și* inteligențe anorganice
roboți ucigași, 117
roboți: asamblarea viitoarelor telescoape spațiale, 156; în

războiul automatizat, 117; autonomie, 123; pentru îngrijire 112; inteligenți, 14, 173-74 (*vezi și* inteligențe anorganice); aterizați pe o cometă, 162; dexteritate limitată, 103; producție cu ajutorul lor în țările dezvoltate, 115; componente nano pentru, 97; optimism referitor la, 11; ca potențială amenințare, 126-27; și conștiința de sine, 123; în spațiu, 136, 145, 146; și călători în cosmos, 171-73. *Vezi și* IA (inteligență artificială)
Rockström, Johan, 41
Roomba, aspirator, 122
Roseta, misiune spațială
Rotblat, Joseph, 252
Royal Society of London, 73
Rumsfeld, Donald, 215
Russell, Stuart, 119, 122

Sagan, Carl, 137, 152, 178, 254
Saturn, 162-63
sănătate: îmbunătățiri actuale globale, 12; optimism tehnologic privind, 34
sărăcie: și Biserica Catolică, 43; scăderea numărului de săraci, 11; și impactul internetului, 97-98, 115; și migrația pentru a scăpa de, 115-16; și comunitățile religioase, 255
scală temporală: și planificarea schimbărilor globale, 9-10, 71-72, 246. *Vezi și* termen scurt
schimbare climatică, 28, 46-53: și dezvoltarea adecvată a tehnologiilor, 10; și modele pe calculator, 216; și nivel de încredere al predicțiilor, 195; și scepticismul lui Dyson despre caracterul urgent, 92; feedback-ul vaporilor de apă și al norilor, 48, 68; și geoingineria, 69-71, 256; și obstacole geopolitice în planificare, 256-57; pierderea biodiversității produsă de, 41; măsuri de atenuare realiste pentru, 55-58; și motive de inacțiune, 53-55; și consecințele sociale majore, 244-45; și durată de răspuns, 71, 257; și implicarea Vaticanului, 43-44. *Vezi și* dioxid de carbon în atmosferă; încălzire globală
schimbări de paradigmă, 233
Schrödinger, ecuația, 190, 200-1
Shockley, William, 81
shogi, joc, 102
Silicon Valley, și tinerețe fără bătrânețe, 94-95
Simpson, John, 252
singularitate, Kurzweil despre, 124
sistem solar: și artefacte ale extratereștrilor, 182-84; origine, 140-41; originea elementelor componente, 140; și explorarea în acest secol, 163. *Vezi și* planete; Soare
Skeptical Environmentalist, The (Lomborg), 52
Smith, F.E., 18
Soare: înțelegere actuală și în trecut, 9; localizare galactică, 141; ciclul de viață, 202-3; furtuni magnetice produse de, 23; fuziune nucleară în, 65, 140; origine, 140. *Vezi și* sistem solar

social media: generalizare globală, 35-36, 98; și optimiști SETI, 184; răspândirea zvonurilor și a panicii, 125-26; și folosirea de către organizațiile globale, 249
SolarCity, companie, 60
SpaceX, 166, 170
spațiu, amenințări ale stabilității, 128-30, 135
specii invazive, 87
Sputnik I, 158
starea vremii: evenimente extreme, 50; prognoză, 195, 216; și perturbări regionale, 51
Stația Spațială Internațională (SSI), 159-60
stele: ca obiecte simple, 197-98; în cosmologia modernă, 244
stele neutronice, 185
Stern, Nicholas, 52
strangelet, 128-30
strangulare, în evoluție, 176-77, 180
Stuxnet, 28
subiecte de cercetare științifică, 251
Sundback; Gideon, 230
supraconductivitate la temperaturi înalte, 217
supraconductori, 217
supraveghere video, 91
sustenabilitate, conferința de la Vatican despre, 42-43

șah, 101-2
știință: tendințe descurajatoare pentru tinerele talente, 240-41; practici și stiluri diverse în, 234-35; parte a culturii globale, 243-44; ierarhie, 200-1; necesitatea înțelegerii de către publicul larg, 242-43; noi tehnologii și instrumente pentru, 235-36; și filosofia, 231-34
știință normală, definită de Kuhn, 233
științe cetățenești, 179, 241-42

tehnologie: îmbunătățirea vieții unei mari părți a populației datorită, 12, 71-72, 244-45; nevoia pentru o dezvoltare corespunzătoare, 10, 30, 71-72; optimism cu privire la, 11, 256-57; ca aplicație practică a științei, 230; metode fundamentale păstrate în caz de apocalipsă, 246-47; pentru experimente științifice, 235-36; și progresul în timp, 173-74; și consecințele destructive neintenționate, 245-46
tehnologia informației (IT): datorată cercetării fundamentale universitare, 241; generalizată la nivel global 35-36; și oameni de știință independenți. 241-42. *Vezi și* calculatoare; internet
tehnologia sateliților, 161
tehnologia senzorilor, 118-19, 163-64
tehnologie spațială: reglementări internaționale, 249-50; sateliți, 160-63
telefon inteligent (smartphone), 13, 97, 98, 106, 120, 246
telescoape spațiale, 156, 161-62

telescoape: pe partea îndepărtată a Lunii, 4; optice, aflate pe pământ, 153-54, 156; radiotelescoape, 153, 178, 236; spațiale, 156, 161, 162
Telescopul European Extrem de Mare (E-ELTA), 153-54, 156
Telescopul Spațial James Webb, 156
Teller, Edward, 127
telomeri, 92
tensiuni internaționale, 127
teologie naturală, 226
teoria coardelor, 193, 205-6, 212
teoria inflației cosmice, 212-14
termen scurt, 37-38, 54-55, 117, 255-56, 257. *Vezi și* scală temporală
teroare biologică, 89-91, 245
terorism: și biotehnică 85, 88, 90-91; într-o lume interconectată, 244-45; și noile tehnologii, 116-17; și armele nucleare, 27
The Population Bomb (Ehrlich), 30
Thomas, Chris, 87
Titan, 146, 155
Tito, Dennis, 168
traducere cu ajutorul calculatorului, 103, 121
transplanturi de organe, 83-84
transplanturi mitocondriale, 77
tranziție demografică, 38-39
Trump, regimul și schimbarea climatică, 46-47
Tunguska, incidentul de la, 21

țări în curs de dezvoltare: energie curată, 58-59, 61; și redistribuirea eficace a resurselor pentru, 255; și culturi modificate genetic, 31, 79; impactul tehnologiei informatice în, 97-98; și megaorașe din, 30, 37, 90, 125; și nevoia unei bune guvernări, 36-38; și necesitatea de a depăși stadiul consumului exagerat, 35, 45; tendințe demografice în, 39-40. *Vezi și* Africa; China; India
țânțari, și răspândirea virușilor, 86-87

univers: Dyson despre limitele numerice ale, 204-5; adaptat pentru viață, 212, 223-24. *Vezi și* Big Bang; multivers
urbanizare, 1, 29-30. *Vezi și* megaorașe în țări în curs de dezvoltare

vaccinuri, 76-77, 84, 85
valori spirituale, ecologi, 41
variolă, virus, 86
variola cailor, virus, sintetizare, 96
vehicule electrice, 56-57, 60
vehicule fără șofer, 103, 107-8, 110, 118
venit universal, 111
Venter, Craig, 76, 94
Venus, 145, 154
veverițe, alterare genetică, 87
viață: Pământul ca singură planetă a, 138; și planete locuibile, 143, 151, 155; origine, 146-47, 154-55; univers adaptat la, 212, 224-25. *Vezi și* extratereștri inteligenți

vid, 129, 204-5
virusuri, 76, 85-87, 91, 97
Vital Signs (Semne Vitale), proiect, 49
vitamina A, deficiență, 32
viziune mondială asupra mediului, 41-42
Voyager I, 137-38
vulcani, 22, 114

Wallace, Alfred Russel 43, 144
Weinberg, Steven, 200, 214
Weitzman, Martin, 52
Welby, Justin, 225
Wells, H.G., 19-20, 258
Wigner, Eugene, 192
Wilczek, Frank, 213
Wilson, E.O., 41-42, 231
Wittgenstein, Ludwig, 181
World in 2030, The (Smith), 18
xenotransplantare, 84

zbor cosmic cu oameni la bord, 163-172. *Vezi și* Apollo, programul
zboruri spațiale: și combustibilul ca impediment, 168-69; cu echipaj uman, 163-73; explorări de pionierat, 157-58 (*vezi și* programul Apollo); și companiile private, 166-67
Zika, virus, 87

Cuprins

Prefață 5

Introducere 7

1. În adâncul antropocenului 17

1.1. Pericole și perspective 17
1.2. Amenințările nucleare 23
1.3. Amenințările ecologice și punctele critice 29
1.4. Menținerea în limitele planetei 40
1.5. Schimbarea climatică 46
1.6. Energia curată – și un „plan B"? 53

2. Viitorul omenirii pe Pământ 73

2.1. Biotehnologia 73
2.2. Cibertehnologie, robotică și IA 97
2.3. Ce se va întâmpla cu locurile de muncă? 105
2.4. Inteligență de nivel uman? 118
2.5. Riscuri cu adevărat existențiale? 125

3. Omenirea în perspectivă cosmică 137

3.1. Pământul în context cosmic 137

3.2. Dincolo de sistemul nostru solar 147

3.3. Zborul în spațiul cosmic – cu și fără echipaj uman 157

3.4. Spre o epocă postumană? 171

3.5. Inteligență extraterestră? 176

4. Limitele și viitorul științei 189

4.1. De la simplu la complex 189

4.2. Să înțelegem lumea noastră complexă 194

4.3. Cât de departe se întinde realitatea fizică? 202

4.4. Va eșua știința? 214

4.5. Cum rămâne cu Dumnezeu? 220

5. Concluzii 229

5.1. Practica științei 229

5.2. Știința în societate 242

5.3. Speranțe și temeri comune 251

Note 259

Index 269

www.polirom.ro

Redactori: Lucia Popovici, Silviu Alexandru
Coperta: Radu Răileanu
Tehnoredactor: Luminița Păun

Bun de tipar: noiembrie 2019. Apărut: 2019
Editura Polirom, B-dul Carol I nr. 4 • P.O. BOX 266
700506, Iași, Tel. & Fax: (0232) 21.41.00; (0232) 21.41.11;
(0232) 21.74.40 (difuzare); E-mail: office@polirom.ro
București, Splaiul Unirii nr. 6, bl. B3A,
sc. 1, et. 1, sector 4, 040031, O.P. 53
Tel.: (021) 313.89.78; E-mail: office.bucuresti@polirom.ro

Tiparul executat la GANESHA PUBLISHING HOUSE – București
tel.: 021 423.20.58, tel./fax: 021 424.98.13,
e-mail: contact@ganesa.ro, web: ganesa.ro

HEXAGON

Omenirea a ajuns într-un punct critic. Lumea în care trăim e tot mai instabilă şi într-o rapidă schimbare, confruntată cu riscurile existenţiale ale noului secol. Efectele, bune sau rele, sunt oricând posibile. Continuăm să gândim viitorul doar pe termen scurt, prin dezbateri sterile şi contradictorii, folosind o retorică alarmistă şi pesimistă. În această carte pe cât de succintă, pe atât de captivantă, bine-cunoscutul om de ştiinţă şi autor de bestselleruri Martin Rees susţine că şansele omenirii depind decisiv de modul diferit în care vor fi abordate problemele zilei de mâine.

Viitorul omenirii e strâns legat de ştiinţă şi de cum vom şti să utilizăm progresul tehnologic. Pentru a evita riscurile, e necesară o gândire pe termen lung, raţională, globală, colectivă şi optimistă. Progresele din biotehnologie, cibernetică, robotică şi inteligenţa artificială, aplicate cu înţelepciune, ar putea să ne ofere noi puteri ca să depăşim ameninţările ce pândesc planeta, începând cu schimbarea climatică şi sfârşind cu războiul nuclear. În acelaşi timp, viitoarele progrese în ştiinţa spaţială vor permite explorarea sistemului nostru solar şi chiar a ceea ce se află dincolo de el, folosindu-ne de roboţi şi de inteligenţa artificială. Nu va exista niciun „Plan B", nicio alternativă viabilă, dacă nu vom avea grijă noi înşine de planeta pe care o locuim.
Punctele de vedere fascinante asupra unor ştiinţe de ultimă generaţie pe care această carte accesibilă publicului larg le oferă vor captiva orice cititor care vrea să înţeleagă problemele critice ce vor defini viitorul omenirii, atât pe Pământ, cât şi dincolo de acesta.

EDITURA POLIROM

www.polirom.ro
Carte publicată şi în ediţie digitală

Pe coperţă: © sdecoret/Depositphotos.com